

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **DIPLOMSKI RAD**

**Marija Radišić**

**Split, 2015.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Marija Radišić**

**Uređenje obale Valdaliso u Rovinju**

**Diplomski rad**

**Split, 2015.**

# **Uređenje obale Valdaliso u Rovinju**

## ***Sažetak:***

U uvali Valdaliso izgrađen je betonski lukobran koji je u lošem stanju gdje je potrebna rekonstrukcija i dogradnja. U akvatoriju lučice potrebno je izgraditi obalu i gatove za privez brodica. Zapadno od lučice je plaža u ruševnom i zapuštenom stanju. Budući da se na našoj obali Jadrana potiče od strane ministarstava uređenje obalnog područja radi podizanja ponude u turizmu na višu razinu, potrebno je plažu projektirati sukladno tomu.

## ***Ključne riječi:***

Rovinj, uvala Valdaliso, lučica, lukobran, rekonstrukcija, plaža

# ***Reconstruction of the Valdaliso coast in Rovinj***

## ***Abstract:***

The concrete breakwater at Valdaliso bay is in bad condition and needs reconstruction and further improvements. In the waters of the harbour it is necessary to build up the shore and piers for mooring boats. The beach on the west side of the harbour is in dilapidated and neglected state. Since the government is encouraging improvements to the Adriatic coastal areas to raise more offers for tourism, it is necessary to redesign the beach accordingly.

## ***Keywords:***

Rovinj, Valdaliso, bay, harbour, breakwater, reconstruction, beach

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**STUDIJ: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

**KANDIDAT:** Marija Radišić

**BROJ INDEKSA:** 465

**KATEDRA:** **Katedra za privrednu hidrotehniku**

**PREDMET:** Obalno inženjerstvo

### **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Uređenje obale Valdaliso u Rovinju

Opis zadatka: U uvali Valdaliso izgrađen je betonski lukobran koji je u lošem stanju gdje je potrebna rekonstrukcija i dogradnja. U akvatoriju lučice potrebno je izgraditi obalu i gatove za privez brodica. Zapadno od lučice je plaža u ruševnom i zapuštenom stanju. Budući da se na našoj obali Jadrana potiče od strane ministarstava uređenje obalnog područja radi podizanja ponude u turizmu na višu razinu, potrebno je plažu projektirati sukladno tomu.

U Splitu, 06.03.2015.

Voditelj Diplomskog rada:

izv. prof. dr. sc. Mijo Vranješ

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:  
Prof. dr. sc. Ivica Boko

---

**Sadržaj**


---

<b>1. Uvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Analiza vjetrovalne klime.....</b>	<b>4</b>
2.1. Uvod	4
2.2. Podloge o vjetru	4
2.2.1. Definicija meteorološke postaje	4
2.2.2. Podaci o vjetru	5
2.2.3. Prosječna godišnja vjetrovalna klima	5
2.3. Dugoročna prognoza vanjskih površinskih valova ispred Rovinja	9
2.4. Privjetrišta	10
2.5. Formiranje uzorka vjetra za dugoročne valne prognoze	23
2.6. Proračun značajnih valnih visina za duga povratna razdoblja	25
<b>3. Analiza valnih deformacija .....</b>	<b>30</b>
3.1. Refrakcija	30
3.1.1. Primjena numeričke integracije	30
3.1.2. Postupak rješavanja refrakcije	34
3.2. Lom vala	37
3.3. Određivanje mjerodavnog vala za lukobran	40
<b>4. Lukobran tipa zid .....</b>	<b>42</b>
4.2. Analiza opterećenja	43
4.3. Provjera zida na klizanje	46
4.4. Provjera zida na prevrtanje	46
4.5. Provjera naprezanja u tlu	46
<b>5. Dimenzioniranje školjere .....</b>	<b>47</b>
5.1. Težina obložnih blokova	47
5.2. Debljina slojeva	48
<b>6. Dimenzioniranje plaže .....</b>	<b>49</b>
6.1. Odabir krupnoće zrna za plažu	49
<b>7. Tehnički opis.....</b>	<b>51</b>
7.1. Opis lokacije i postojećeg stanja	51
7.2. Opis rješenja i radova	55
7.2.1. Općenito	55
7.2.2. Organizacija gatova	61
7.2.3. Sidreni sustav plovila i pontonskih gatova unutar lučice	62
7.2.4. Analiza betonskog dijela plaže – pojava pukotina	75
<b>8. Zaključak .....</b>	<b>81</b>
<b>9. Popis slika .....</b>	<b>83</b>
<b>10. Popis tablica.....</b>	<b>85</b>
<b>12. Prilozi .....</b>	<b>87</b>

---

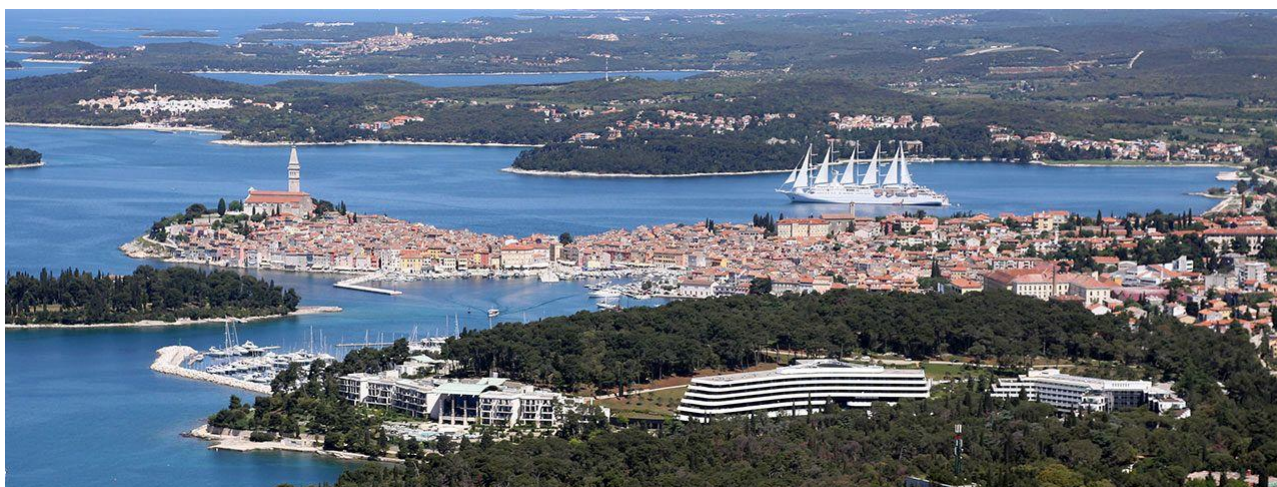
## 1. Uvod

---

Rovinj je grad koji se nalazi na zapadnoj obali Istre, najvećega jadranskog poluotoka, udaljen tek jedan sat vožnje od Trsta i dva i pol sata od Zagreba.

S morske je strane grad zaštićen visokom stjenovitom obalom i zidovima kuća izgrađenim na liticama, a prema kopnu čvrstim bedemima. Gradom dominira barokna crkva Sv. Eufemije, sa čijeg 60 metara visokog tornja puca pogled na sivo-crvene krovove i dimnjake, ulice i trgove, luku i pristanište s brodovima i barkama, marinu s jahtama.

Ta jedinstvena starogradska jezgra, 67 km duga obala, 2.289 ha zaštićenih zelenih površina i uređena park šuma, 16 otoka, otočića i hridi, čini ovaj grad jedinstvenim. Izrastao na svojoj bogatoj ribarskoj tradiciji postao je prepoznatljiv po jedinstvenoj brodici batani i pjesmama bitinadama. Njegovu su ljepotu posebno cijenili umjetnici koji su na ovom mjestu slikali najljepše motive i izlagali ih na Grisiji – ulici umjetnika.



*Slika 1.1. Rovinj*  
(<http://www.tzgrovinj.hr/>)

Rovinj je jedno od najrazvijenijih turističkih mjesta u Hrvatskoj s bogatom prirodnom i kulturnom baštinom pri čemu se ističu stari grad i bujna park-šuma Zlatni rt (Punta corrente). Zlatni rt je kategoriziran kao park-šuma, dok su rovinjski otoci i obala proglašeni zaštićenim krajolikom. Rovinj posjećuju mnogobrojni strani i domaći gosti. Smještajni su kapaciteti raznoliki, ali najvažnije mjesto zauzimaju hoteli i turistička naselja visoke kvalitete.

Na području grada Rovinja nalazi se nekoliko kampova (Veštar, Amarin, Polari, Valalta), hotelska naselja i hotelsko – apartmanska naselja (Villas Rubin, Amarin) te hotel i kamp Valdaliso koji je ujedno i predmetna lokacija ovog diplomskog rada.



*Slika 1.2. Valdaliso*  
(<http://croatia.hr/>)

Valdaliso se nalazi na zelenom poluotoku, okružen azurno plavim morem. To je tih i miran kamp, smješten 3 km od centra Rovinja, s kojim je izravno povezan redovnom brodskom linijom. Kategoriziran je s tri zvjezdice, a proteže se na preko 150 000 m<sup>2</sup> te nudi mogućnost smještaja za oko 1100 posjetitelja. Područje kampa obuhvaća 1 km dugu šljunčano-stjenovitu plažu s pogledom na rovinjski stari grad, udaljen samo nekoliko minuta vožnje. Polovica kampa smještena je na sunčanoj strani poluotoka, dok je druga polovica uronjena duboko u borovoj šumi.

Rovinj se zadnjih 40-ak godina razvio u turističko središte zbog svoje prirode, razvedene obale i mnoštva otoka, mediteranske klime, raznovrsnih turističkih sadržaja te kulturno-povijesnih vrijednosti.

Turizam i industrija čine najveće izvore prihoda grada Rovinja. Od industrije važno je napomenuti Tvornicu duhana Rovinj te Istragrafiku, koje su preselile pogone u Kanfanar, Mirnu (tvornicu ribljih konzervi) te ostale manje tvornice kao Obrada-metaloprerađivačka tvornica te tvornica bezalkoholnih pića.

U turističkoj ponudi Rovinja značajno mjesto zauzimaju sport i rekreacija te manifestacije i zabava. Ugodna klima te široka paleta sportskih aktivnosti i sadržaja omogućavaju organizaciju natjecanja, turnira, sportske škole i pripreme sportaša tijekom cijele godine. Zanimljivo je istaknuti manifestacije koje se održavaju za vrijeme ljetnih mjeseci poput Rovinj Photo daysa, Red Bull Air Race, ljetnog salsa festival, Kultfesta, regate oglavnog jedra te tradicionalni događaji poput Rovinjske noći i blagdana sv. Eufemije, zaštitnice grada.



*Slika 1.3. Gradski krajolik Rovinja u zoru*  
(<https://hr.wikipedia.org/wiki/Rovinj>)

*"Na predivnoj obali Istre, tik ispod Limskog kanala nalazi se najromantičnije mjesto na Mediteranu! Grad Rovinj pravo je odredište svih vas koji žudite za sentimentalnom atmosferom vremena koja su nepovratno prošla. Na Mediteranu je možete pronaći ovdje, u gradu koji je svoj romantični život započeo na otoku čiji je skućeni prostor uvjetovao gradnju zbijenih kuća, uskih ulica i malenih trgova, još i danas nedernutih modernim urbanizmom." - Turistička zajednica grada Rovinja*



---

## 2. Analiza vjetrovalne klime

---

### 2.1. Uvod

U ovom poglavlju su dane dugoročne valne prognoze za vanjske površinske valove na lokaciji predmetnog zahvata.

Zadatak određivanja mjerodavnih valova uzrokovanih vjetrom za projektiranje se najkvalitetnije može napraviti na temelju mjerenja visina valova. Kako se sustavno mjerenje valova rijetko izvodi za dugogodišnja razdoblja, razvijene su standardne metode za prognoze valova iz podataka o vjetru. Takav postupak je primijenjen i ovdje na temelju podataka o vjetru iz elaborata DHMZ-a, Sv. Ivan na pučini.

### 2.2. Podloge o vjetru

#### 2.2.1. Definicija meteorološke postaje

Korišteni su podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske o vjetrovnoj klimi za razdoblje 2004.-2013., sa meteorološke postaje Sv. Ivan na pučini.

Meorološka postaja Rovinj najbliža je mjestu zahvata, međutim mjerodavnije rezultate za predmetnu lokaciju nam daju podaci sa Sv. Ivana na pučini za razdoblje od 2004. do 2013. godine.

Klimatološka postaja Sv. Ivan na pučini se nalazi na nadmorskoj visini od 8 m s koordinatama: geografska širina  $\varphi = 45^{\circ} 02' 35''$  i geografska dužina  $\lambda = 13^{\circ} 36' 51''$ .

### 2.2.2. Podaci o vjetru

Brzina i smjer vjetra za postaju Sv. Ivan na pučini analizirani su za razdoblje 2004.–2013.

Na klimatološkoj postaji Sv. Ivana na pučini ne postoji anemograf nego motritelji opažaju smjer i jačinu vjetra. Jačina vjetra procjenjuje se vizualno prema učincima vjetra na predmete u prirodi u tri klimatološka termina (7, 14 i 21 h) i izražava se u stupnjevima Beaufortove ljestvice. Ta ljestvica sadrži 0-12 stupnjeva, kojima su pridružene odgovarajuće srednje brzine vjetra (Tablica 2.1.).

U tablicama kontigencije (relativne i apsolutne čestine) dane su brzine u razredima koji odgovaraju stupnjevima Bf za godinu te pripadajuća godišnja ruža vjetrova.

Tablica 2.1. *Beaufortova ljestvica za vjetar*

stupanj Beauforta (Bf)	opisni termin	brzina		
		m/s	čvor	km/h
0	tišina	0-0.2	< 1	<1
1	lahor	0.3-1.5	1-3	1-5
2	povjetarac	1.6-3.3	4-6	6-11
3	slabi	3.4-5.4	7-10	12-19
4	umjereni	5.5-7.9	11-16	20-28
5	umjereno jak	8.0-10.7	17-21	29-38
6	jaki	10.8-13.8	22-27	39-49
7	žestoki	13.9-17.1	28-33	50-61
8	olujni	17.2-20.7	34-40	62-74
9	jaki olujni	20.8-24.4	41-47	75-88
10	orkanski	24.5-28.4	48-55	89-102
11	jaki orkanski	28.5-32.6	56-63	103-117
12	orkan	32.7 >	64 >	118 >

### 2.2.3. Prosječna godišnja vjetrovalna klima

Mjesečne i godišnje razdiobe brzine vjetra u ovisnosti o smjeru vjetra za postaju Sv. Ivana na pučini prikazane su grafički na ružama vjetrova (Slike 2.1. i 2.2.). Ruža vjetrova prikazuje postotnu učestalost pojedinih smjerova i za svaki smjer postotni udio brzine vjetra. Numeričke vrijednosti dane su tablicama kontigencije (Tablice 2.2. i 2.3.). Brzine su izražene razredima brzina koji odgovaraju stupnjevima Bf.

Najčešći smjerovi vjetra na promatranom području prema zadanim podacima su: NE (22.0 %) i SE (11.0 %), slučajeva od ukupnog broja podataka tijekom godine. To su poznati vjetrovi bura i jugo.

Bura je suh, hladan i mahovit sjeveroistočni vjetar povezan s prodorom hladnog zraka iz hladnijih krajeva. Povremeno puše, osobito u hladnijem dijelu godine, u sjevernom dijelu istočne obale Jadranskog mora, a i u nekim drugim krajevima na Zemlji. Vrlo je značajna prirodna pojava, jer znatno utječe na život ljudi, organizama i razvoj vegetacije. Bura dolazi s kopna i puše, prelazeći obronke gorskog lanca, uglavnom smjerom prema moru. Puše obično velikom, katkada orkanskom snagom, naročito ondje gdje se gorje proteže blizu morske obale.

Za razliku od bure, jugo puše jednoličnom brzinom i stvara velike valove. Jugo ili Široko je vjetar koji puše s jugoistoka na Jadranu, a obično je povezan s nadolazećom ciklonom iz zapadnog Sredozemlja. Jugo ili Južina je naziv i za vrijeme koje donosi taj vjetar i koje karakteriziraju izrazito loši biometeorološki uvjeti. U južnoj struji iz sjeverne Afrike pritječe topli zrak koji putem poprimi maritimne karakteristike.

Treba spomenuti i SW vjetar koji se na području Rovinja javlja u 8.5 % slučajeva na godišnjoj razini. To je lebić koji nastaje kad ciklonska oblast prelazi Zapadnom Europom prema Đenovskom zaljevu. Stvara veoma velike valove i muti more. Naročito je snažan u hladnije doba godine, tijekom zime i jeseni.

Maestral, koji puše na području Rovinja u 7,5 % slučajeva, je osvježavajući sjeverozapadni vjetar koji u toplim danima puše s mora na kopno. Javlja se uglavnom ljeti i puše samo uz obalu i rijetko dopire dalje od 20 M (Milja) prema unutrašnjosti i strogo je prizemni vjetar (do 300 m visine). Počinje puhati oko 10 sati. Oko 14 sati maestral postiže svoj maksimum i uvijek završava prije zalaska Sunca (obično do 18 sati). Maestral prati lijepo vrijeme i pri tome znatno ublažuje ljetnu sparinu. Normalno puše kao slab vjetar (do 4 Bf). U Tršćanskom zaljevu je najslabiji, prema jugu sve jači, a u Otrantskim vratima dostiže jačinu 6-7 Bf, uz dosta teško more. Maestral na našoj obali puše uglavnom iz NW, skreće do WNW, a kod albanske obale i do SW. U toku dana maestral mijenja svoj smjer udesno, tj. za suncem. Maestral često prate kumulusi lijepa vremena.

Tablica 2.2. Vjerojatnost istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra (relativne čestine), po klasama jačine (Bf) i brzine (m/s) vjetra za Sv. Ivana na pučini, za godinu, u razdoblju 2004.- 2013.

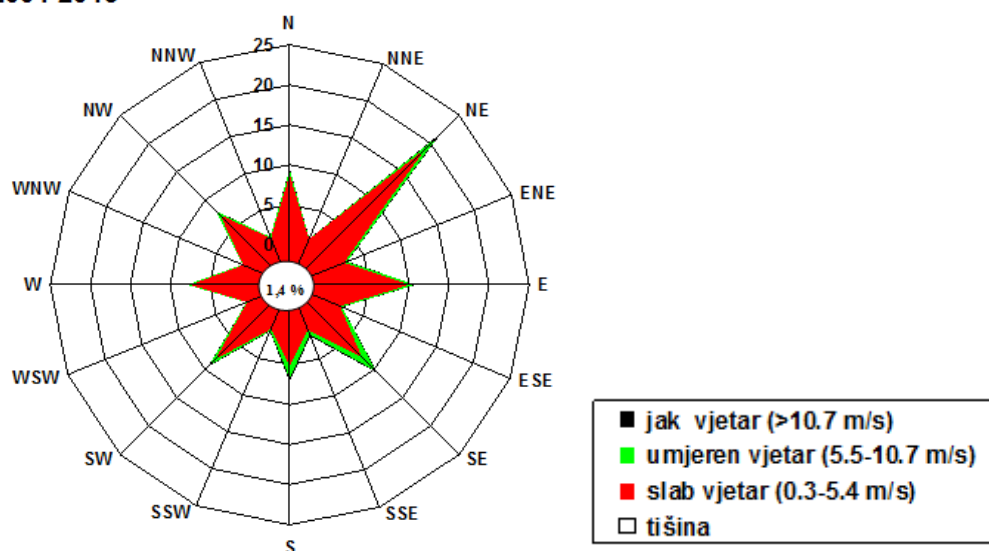
GODINA (relativne čestine u ‰)														
jač. (Bf)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	zbroj
brz. (m/s)	0.0- 0.2	0.3- 1.5	1.6- 3.3	3.4- 5.4	5.5- 7.9	8.0- 10.7	10.8- 13.8	13.9- 17.1	17.2- 20.7	20.8- 24.4	24.5- 28.4	28.5- 32.6	32.7- 36.9	
N		42,0	33,6	12,8	4,2	1,8	0,7							95,2
NNE		5,6	5,1	1,3	0,3	0,1		0,2						12,5
NE		84,7	74,2	31,7	14,7	7,6	4,1	1,5	0,3					218,8
ENE		5,6	11,6	5,9	2,4	1,7	0,5	0,3						27,9
E		39,2	45,3	15,3	5,4	2,0	0,6							107,8
ESE		3,2	8,3	7,1	2,0	0,6	0,1							21,3
SE		15,9	32,9	29,0	16,8	8,0	2,8	0,5	0,5					106,3
SSE		1,6	4,0	5,4	3,6	2,4	1,8	0,6						19,3
S		9,2	24,6	18,6	9,4	5,3	3,3	0,6	0,1					71,0
SSW		2,1	3,6	4,5	1,6	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1				13,5
SW		29,8	37,3	14,8	6,5	4,1	1,8	0,5						94,6
WSW		1,9	4,6	1,2	0,3	0,3	0,1	0,1						8,5
W		29,1	35,8	9,9	3,2	0,7	0,1							78,8
WNW		1,7	6,8	4,6	1,1	0,3	0,1							14,6
NW		25,7	29,4	18,3	5,2	1,6	0,3	0,2	0,1					80,7
NNW		4,1	5,9	2,8	1,2	0,6	0,1							14,7
C	14,5													14,5
zbroj	14,5	301,5	363	183,3	77,9	37,6	16,8	4,4	1	0,1	0	0	0	1000,0

Broj nedostajućih podataka : 107

Tablica 2.3. Vjerojatnost istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra (apsolutne čestine), po klasama jačine (Bf) i brzine (m/s) vjetra za Sv. Ivana na pučini, za godinu, u razdoblju 2004.- 2013.

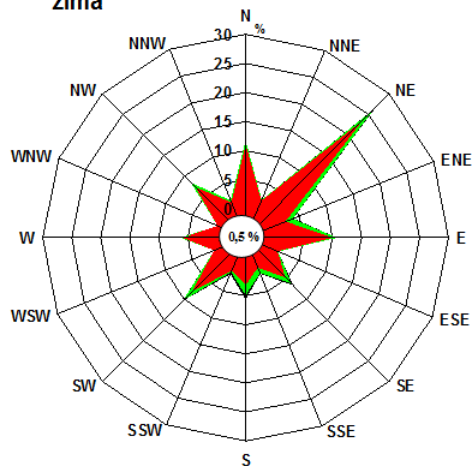
GODINA (apsolutne čestine)														
jač. (Bf)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	zbroj
brz. (m/s)	0.0- 0.2	0.3- 1.5	1.6- 3.3	3.4- 5.4	5.5- 7.9	8.0- 10.7	10.8- 13.8	13.9- 17.1	17.2- 20.7	20.8- 24.4	24.5- 28.4	28.5- 32.6	32.7- 36.9	
N	0	456	365	139	46	19	8	0	0	0	0	0	0	1033
NNE	0	61	55	14	3	1	0	2	0	0	0	0	0	136
NE	0	919	805	344	160	83	44	16	3	0	0	0	0	2374
ENE	0	61	126	64	26	18	5	3	0	0	0	0	0	303
E	0	425	492	166	59	22	6	0	0	0	0	0	0	1170
ESE	0	35	90	77	22	6	1	0	0	0	0	0	0	231
SE	0	173	357	315	182	87	30	5	5	0	0	0	0	1154
SSE	0	17	43	59	39	26	19	6	0	0	0	0	0	209
S	0	100	267	202	102	57	36	6	1	0	0	0	0	771
SSW	0	23	39	49	17	7	7	2	1	1	0	0	0	146
SW	0	323	405	161	70	44	19	5	0	0	0	0	0	1027
WSW	0	21	50	13	3	3	1	1	0	0	0	0	0	92
W	0	316	388	107	35	8	1	0	0	0	0	0	0	855
WNW	0	18	74	50	12	3	1	0	0	0	0	0	0	158
NW	0	279	319	199	56	17	3	2	1	0	0	0	0	876
NNW	0	45	64	30	13	7	1	0	0	0	0	0	0	160
C	157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157
zbroj	157	3272	3939	1989	845	408	182	48	11	1	0	0	0	10852

**Sv. Ivan na pučini  
2004-2013**

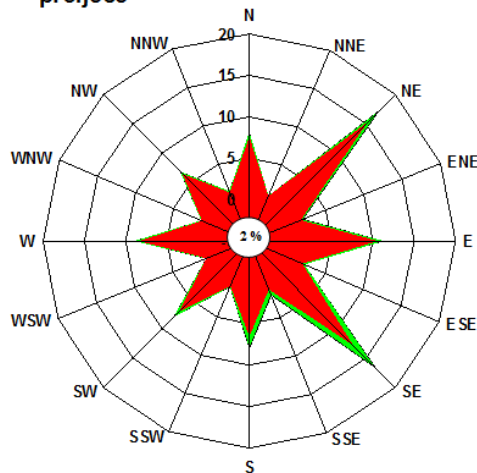


Slika 2.1. Godišnja ruža vjetrova za Sv. Ivana na pučini u periodu 2004. do 2013

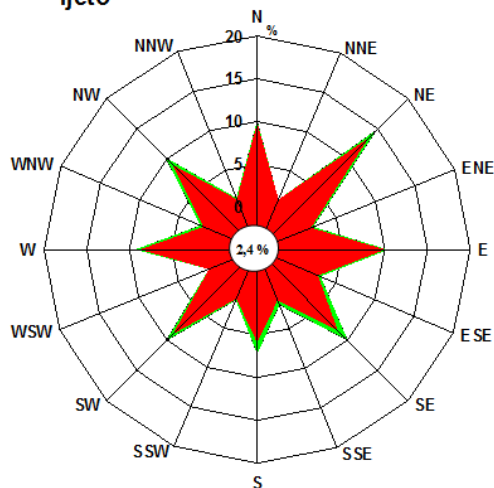
**Sv. Ivan na pučini  
zima**



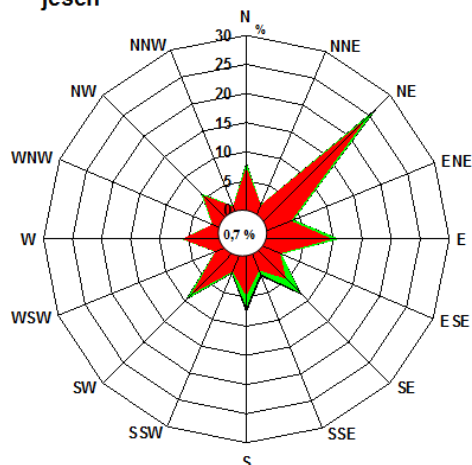
**Sv. Ivan na pučini  
proljeće**



**Sv. Ivan na pučini  
ljetno**



**Sv. Ivan na pučini  
jesen**



Slika 2.2. Sezonske ruže vjetrova za Sv. Ivana na pučini u periodu 2004. do 2013

### 2.3. Dugoročna prognoza vanjskih površinskih valova ispred Rovinja

Dugoročna prognoza se radi iz uzoraka dobivenih mjerenjem valova za kratkoročna stacionarna stanja mora. Kako se ne raspolaže ovim mjerenjima, napraviti će se uzorak valova na temelju podataka o mjerenju vjetra (uzorka vjetra za kratkoročne situacije iz dugog razdoblja opažanja). [4]

Iz mjerenja valnog obrisa u vremenu  $\eta(t)$  na nekoj točki za razdoblje od jedne godine, moguće je statističkom obradom dobiti različite parametre valnog profila, a koji označavaju godišnje ekstreme. To mogu biti slučajne varijable kao što je značajna valna visina ( $H_s$ ), maksimalna valna visina ( $H_{\max}$ ) i druge. Odabranoj varijabli pripada inicijalna distribucija vjerojatnosti za koju se pretpostavlja da je Fisher-Tippetovog tipa, a što ima za posljedicu da je odgovarajuća distribucija vjerojatnosti ekstrema istog tipa. Isto vrijedi i za ekstrem nekog malo kraćeg perioda od 1 godine. Prema tome, ovisno o vremenskom razdoblju razmatranja ekstremnog valnog parametra razlikuju se sljedeći modeli:

1. model godišnjih ekstremnih vrijednosti s pripadajućom distribucijom vjerojatnosti (eng. Annual extreme Value Probability Distribution) i
2. model ekstremnih vrijednosti koje premašuju neki "prag" s pripadajućom distribucijom vjerojatnosti (eng. Extreme Value Probability Distribution). [4]

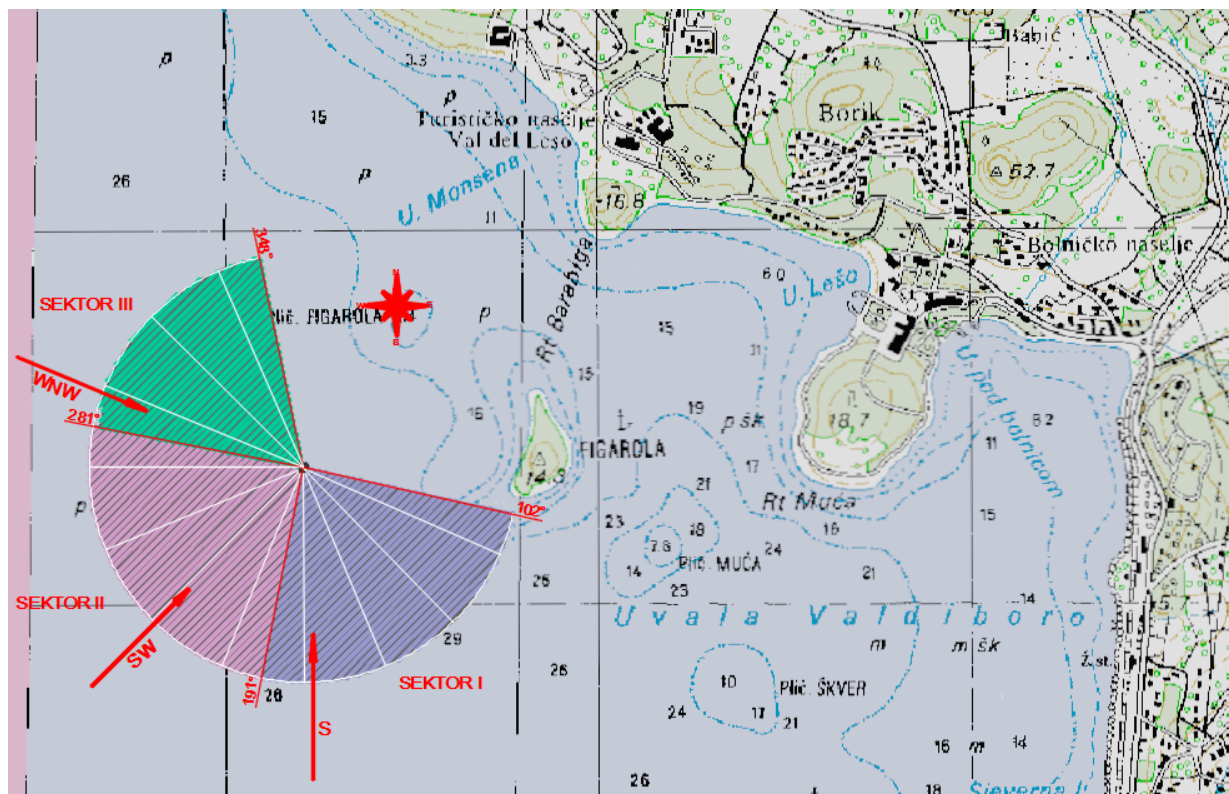
Za oba modela uobičajeno se koriste Weibullova (F-T tip III) i Gumbelova (F-T tip I) distribucija. Frechetova distribucija (F-T tip II) se najslabije prilagođava i stoga se praktično ne koristi. Često se koristi i log-normalna raspodjela čija je upotreba zasnovana na empirijskoj spoznaji o dobroj prilagodbi. [4]

Ovdje je korišten drugi model (premašivanje praga), jer se raspolaže s tablicom kontigencije vjetra iz koje se može načiniti uzorak vjetra po kriteriju prekoračenja praga. Koristi se Gumbelova distribucija te pripadajući izrazi za ekstrapolaciju vrijednosti u promatranim povratnim periodima kako bi se dobile pripadajuće značajne visine vala -  $H_s$ . [4]

Obzirom da uzorak  $H_s$  za dugoročnu prognozu trebaju predstavljati pojedinačne kratkoročne valne situacije sa većim valovima (odnosno vjetrom koji ih generira) odabran je prag brzine vjetra od 3 Bf (3,4 – 5,4 m/s). [4]

## 2.4. Privjetrišta

Izloženost akvatorija predmetnog zahvata vjetrovima od značaja i posljedičnim vjetrovnim valovima dana je na slici 2.3. Lokacija je izložena vjetrovnim valovima iz III i IV kvadranta s različitim duljinama privjetrišta. Obzirom na to definirat će se, prema kriteriju dužine privjetrišta i sličnosti čestine pojavljivanja vjetra za pojedini smjer, pojedini sektori, tj. kutovi izloženosti.



Slika 2.3. Izloženost predmetne lokacije vjetrovima od značaja i posljedičnim vjetrovnim valovima

Sektor I definiran je djelovanjem vjetrova i posljedičnih površinskih vjetrovnih valova iz smjerova ESE, SE, SSE i S. Najduže efektivno privjetrište izračunato je za smjer S i iznosi 52,32 km. Realni smjer iz kojeg je moguće očekivati valove potaknute ovim vjetrovima u akvatoriju od interesa je SE (jugo).

Sektor II definiran je djelovanjem vjetrova i posljedičnih površinskih vjetrovnih valova iz smjerova SSW, SW, WSW i W. Najduže efektivno privjetrište izračunato je za smjer SW i iznosi 119,33 km.

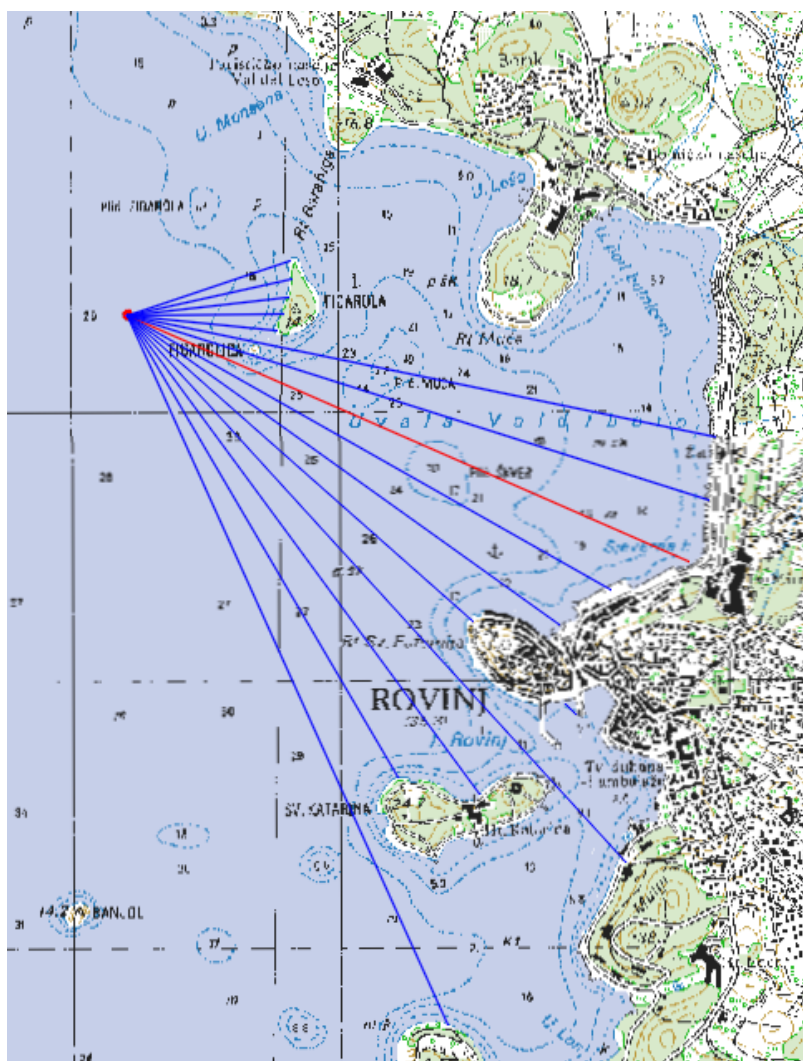
Sektor III definiran je djelovanjem vjetrova i posljedičnih površinskih vjetrovnih valova iz smjerova WNW, NW i NNW. Najduže efektivno privjetrište izračunato je za smjer WNW i iznosi 81,71 km.

Proračun efektivne duljine privjetrišta za sve smjerove je proveden na način da se u svakom od odabranih smjerova postavi centralna zraka koja kao ishodište ima odabranu točku za dobivanje projektnog vala u dubokom moru. Zatim se rotacijom od  $6^\circ$  u smjeru kazaljke na satu (do  $-42^\circ$ ) i suprotno od kazaljke na satu (do  $+42^\circ$ ) postavljaju pravci kroz istu ishodišnu točku. Određuju se duljine svake zrake od ishodišta do prve točke prepreke te se proračunava suma njihovih projekcija na centralnu zraku. Ta suma se dijeli sa sumom kosinusa kutova centralne zrake i ostalih rotiranih zraka a čime se dobiva i vrijednost duljine efektivnog privjetrišta (izraz 2.1).

$$F_{eff} = \frac{\sum_i F_i \cos^2 \alpha_i}{\sum_i \cos \alpha_i} \quad (2.1)$$

Na slikama 2.4. do 2.14. dani su grafički prikazi postavljanja centralne zrake kroz analizirane smjerove te zrake sa korekcijom rotacije  $\pm 6^\circ$  od centralne zrake. Proračunske vrijednosti spomenutog postupka za određivanje efektivne duljine privjetrišta za sve pojedine smjerove dane su u tablicama 2.4. do 2.14. Konačne efektivne duljine privjetrišta za sektore određene su kao maksimalne vrijednosti proračunatih efektivnih privjetrišta iz pripadnih smjerova po sektorima.

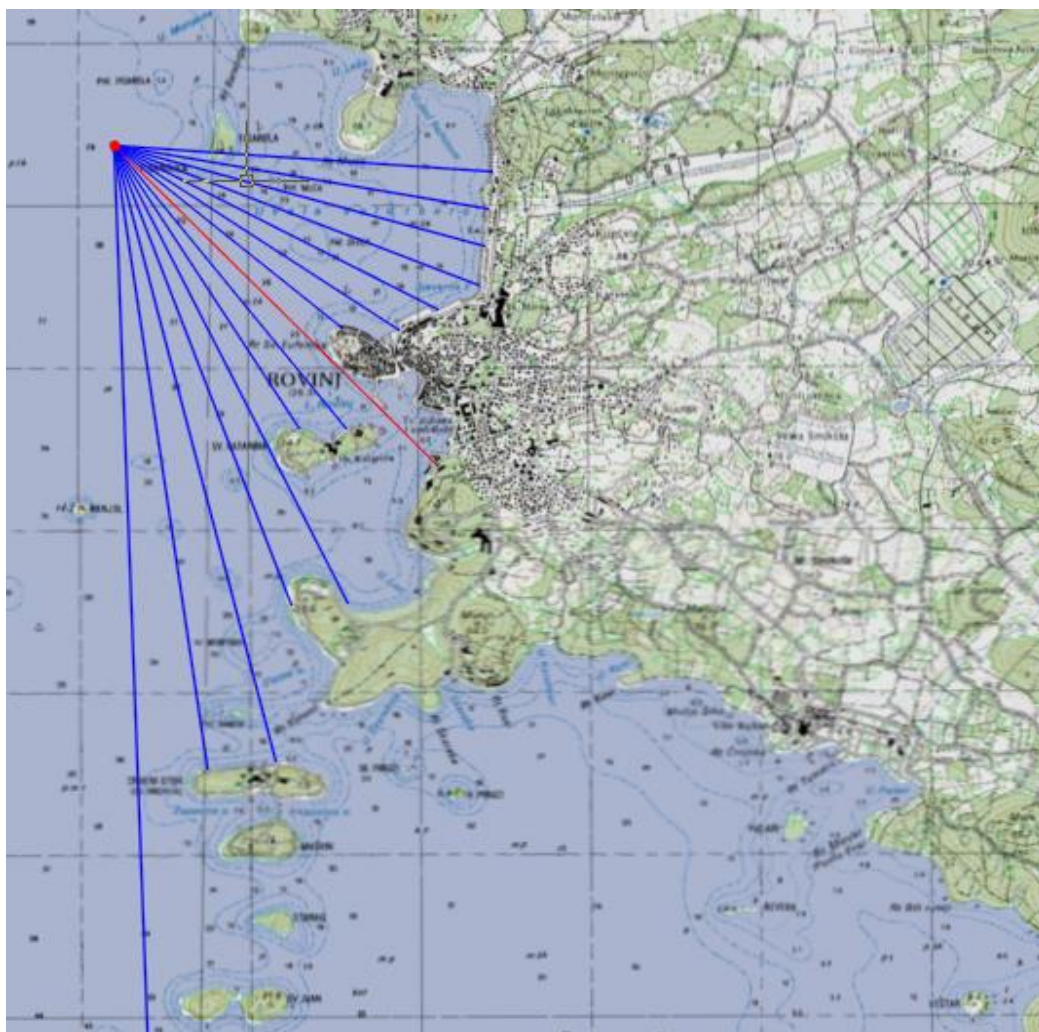




Slika 2.4. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer ESE

Tablica 2.4. Efektivna dužina privjetrišta za smjer ESE

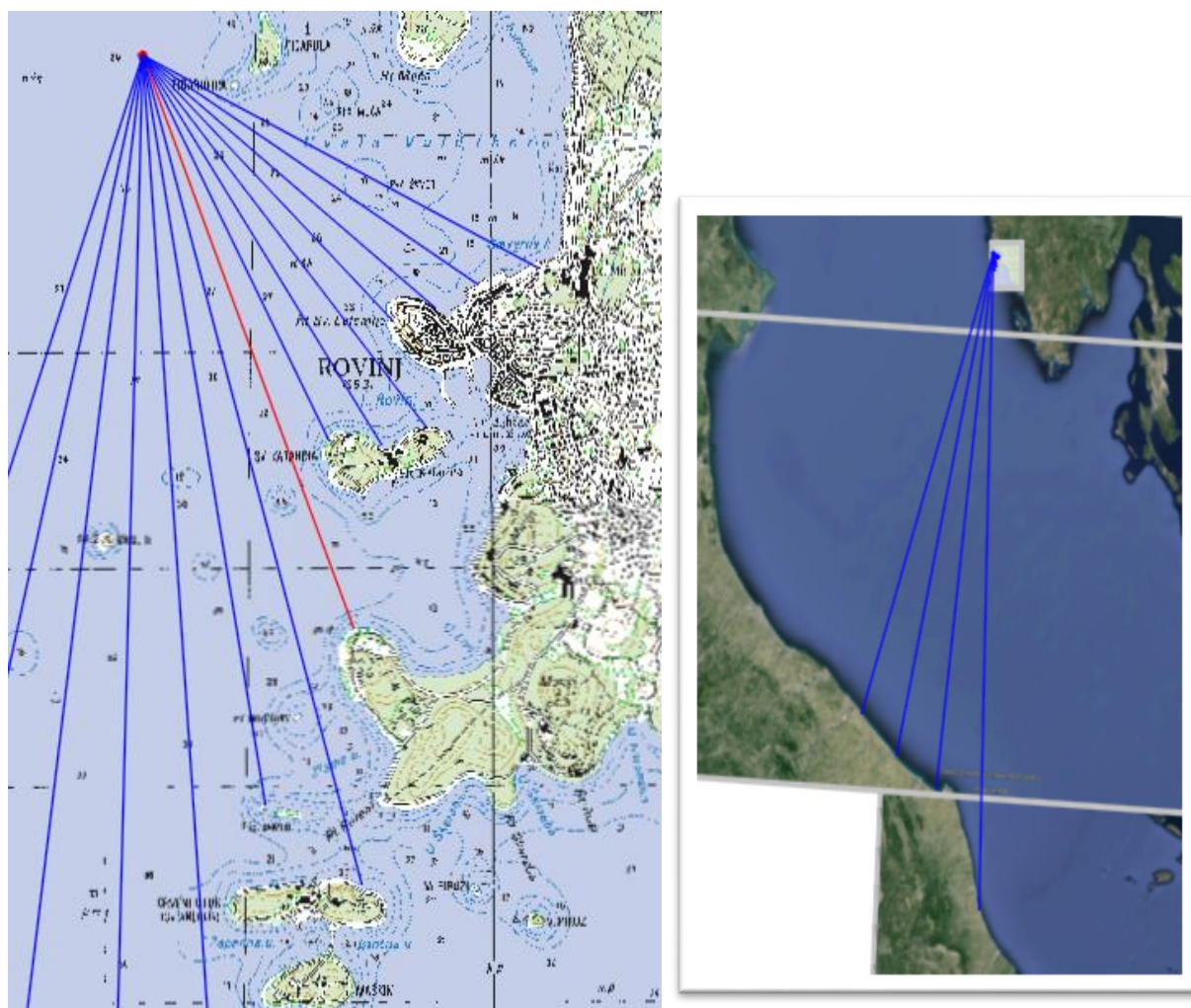
smjer ESE			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos \alpha$	$F_i$ [km]	$F_i \cdot (\cos \alpha)^2$
42	0,743	0,6	0,353
36	0,809	0,6	0,406
30	0,866	0,6	0,45
24	0,914	0,6	0,485
18	0,951	0,6	0,497
12	0,978	2,2	2,104
6	0,995	2,3	2,277
0	1,000	2,3	2,3
-6	0,995	2,1	2,079
-12	0,978	2,0	1,913
-18	0,951	1,7	1,537
-24	0,914	2,8	2,339
-30	0,866	2,2	1,65
-36	0,809	2,0	1,309
-42	0,743	2,9	1,601
$\Sigma$	13,512		21,3
$F_{eff} =$	1,58		



Slika 2.5. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer SE

Tablica 2.5. Efektivna dužina privjetrišta za smjer SE

smjer SE			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos \alpha$	$F_i$ [km]	$F_i * (\cos \alpha)^2$
42	0,743	2,2	1,215
36	0,809	2,2	1,44
30	0,866	2,3	1,725
24	0,914	2,3	1,921
18	0,951	2,2	1,944
12	0,978	2,0	1,913
6	0,995	1,7	1,683
0	1,000	2,7	2,7
-6	0,995	2,2	2,178
-12	0,978	2,1	1,961
-18	0,951	3,1	2,804
-24	0,914	3,0	2,506
-30	0,866	3,9	2,925
-36	0,809	3,9	2,552
-42	0,743	216,5	119,519
$\Sigma$	13,512		148,986
$F_{eff} =$	11,03		

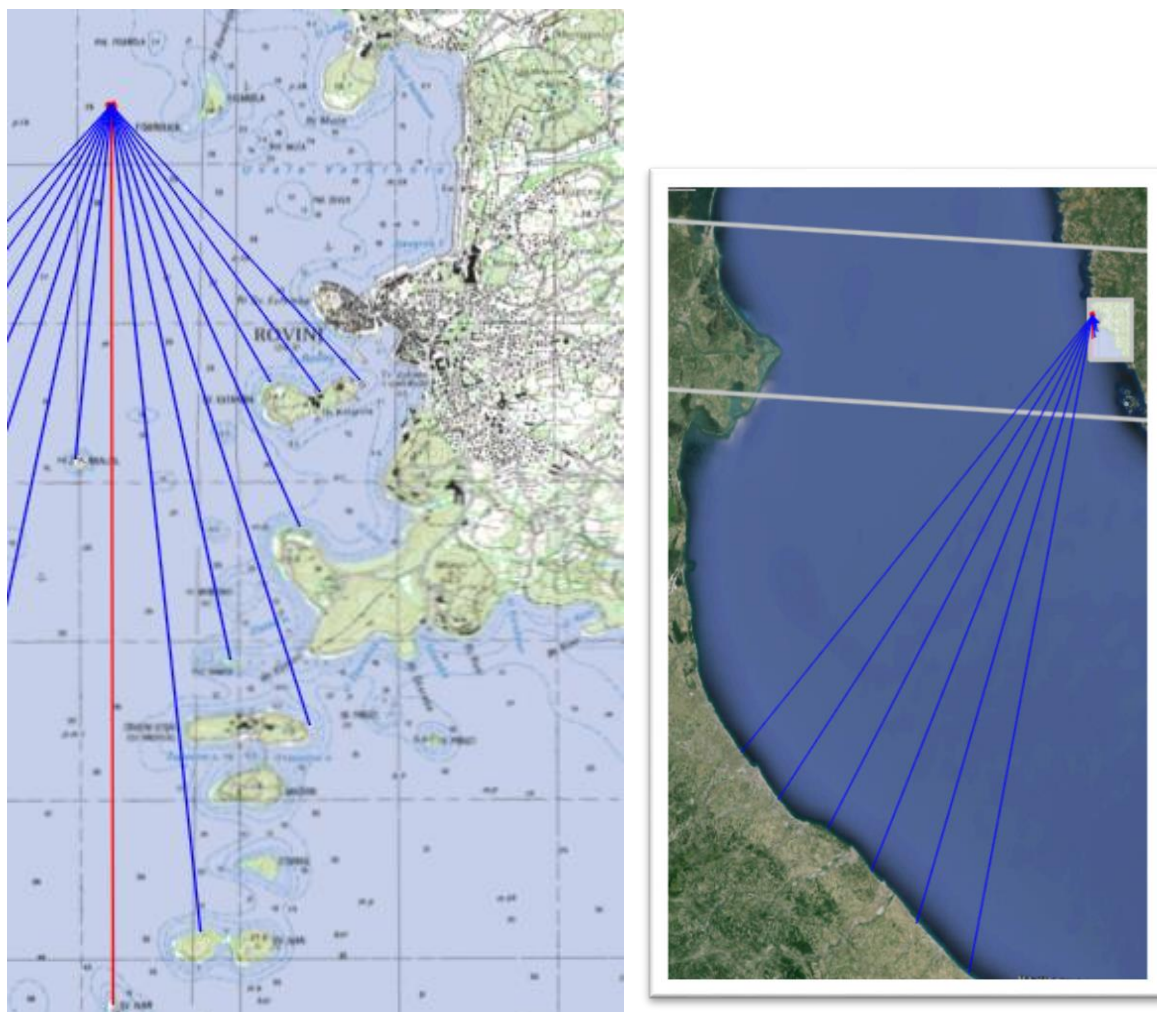


Slika 2.6. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer SSE

Tablica 2.6. Efektivna dužina privjetrišta za smjer SSE

smjer SSE			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos\alpha$	$F_i$ [km]	$F_i^*(\cos\alpha)^2$
42	0,743	2,3	1,242
36	0,809	2,0	1,309
30	0,866	1,9	1,425
24	0,914	1,8	1,504
18	0,951	2,2	1,99
12	0,978	2,2	2,104
6	0,995	2,0	1,98
0	1,000	2,9	2,85
-6	0,995	4,0	3,96
-12	0,978	3,5	3,348
-18	0,951	5,3	4,748
-24	0,914	197,9	165,325
-30	0,866	163,2	122,393
-36	0,809	155,9	102,034
-42	0,743	147,5	81,427
$\Sigma$	13,512		497,639
$F_{eff} =$	36,83		

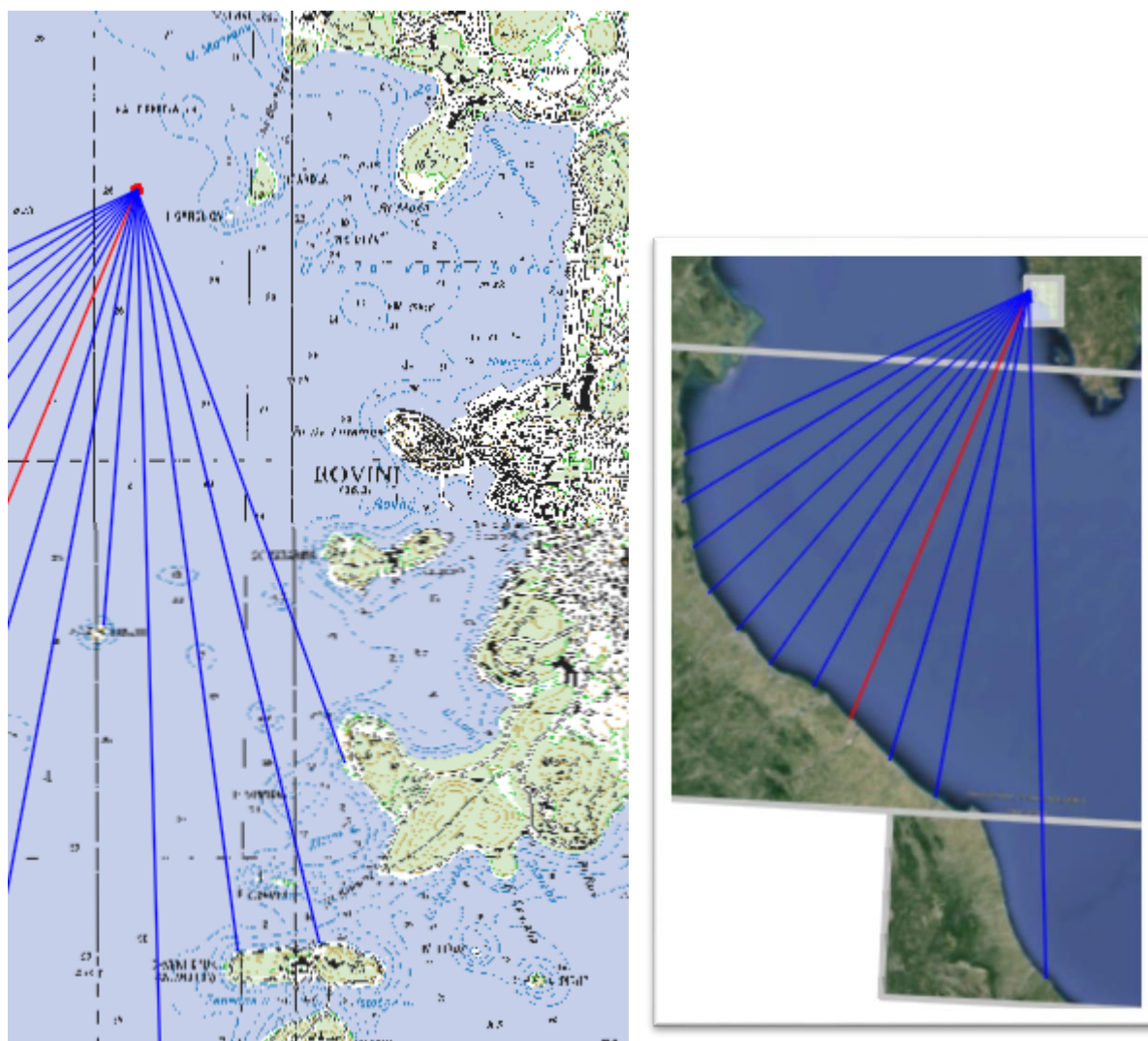




Slika 2.7. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer S

Tablica 2.7. Efektivna dužina privjetrišta za smjer S

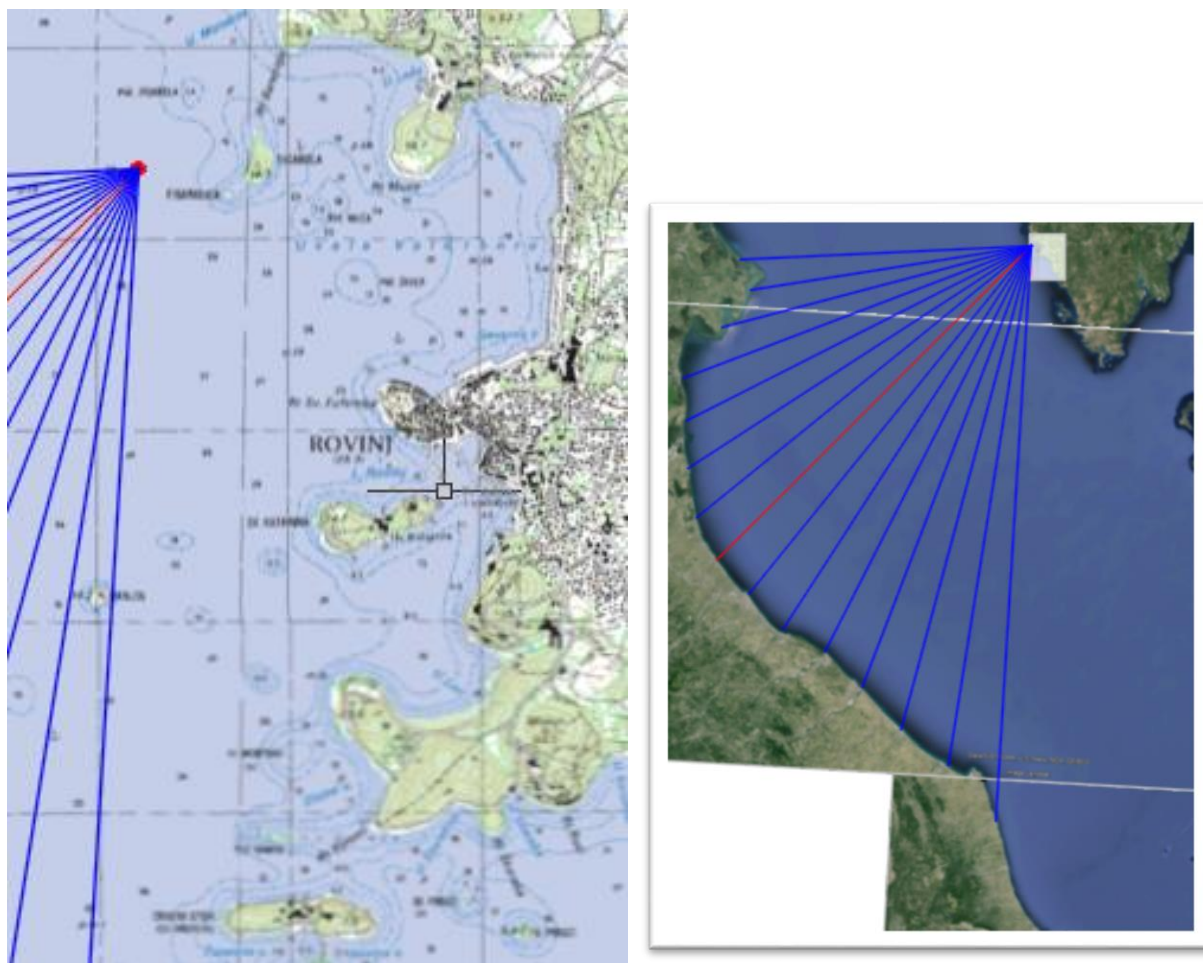
smjer S			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos\alpha$	$F_i$ [km]	$F_i \cdot (\cos\alpha)^2$
42	0,743	2,3	1,27
36	0,809	2,2	1,44
30	0,866	2,0	1,5
24	0,914	2,9	2,423
18	0,951	4,1	3,708
12	0,978	3,6	3,396
6	0,995	5,2	5,148
0	1,000	5,7	5,65
-6	0,995	2,6	2,604
-12	0,978	158,2	151,316
-18	0,951	150,5	136,112
-24	0,914	143,2	119,629
-30	0,866	139,3	104,469
-36	0,809	140,7	92,085
-42	0,743	138,1	76,238
$\Sigma$	13,512		706,988
$F_{eff} =$	52,32		



Slika 2.8. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer SSW

Tablica 2.8. Efektivna dužina privjetrišta za smjer SSW

smjer SSW			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos \alpha$	$F_i$ [km]	$F_i * (\cos \alpha)^2$
42	0,743	3,1	1,711
36	0,809	3,9	2,552
30	0,866	3,8	2,85
24	0,914	213,8	178,608
18	0,951	2,2	1,99
12	0,978	159,9	152,942
6	0,995	152,5	150,979
0	1,000	144,1	144,1
-6	0,995	139,7	138,306
-12	0,978	141,2	135,056
-18	0,951	138,6	125,35
-24	0,914	136,4	113,948
-30	0,866	131,1	98,319
-36	0,809	125,2	81,941
-42	0,743	117,7	64,976
$\Sigma$	13,512		1393,628
$F_{eff} =$	103,14		

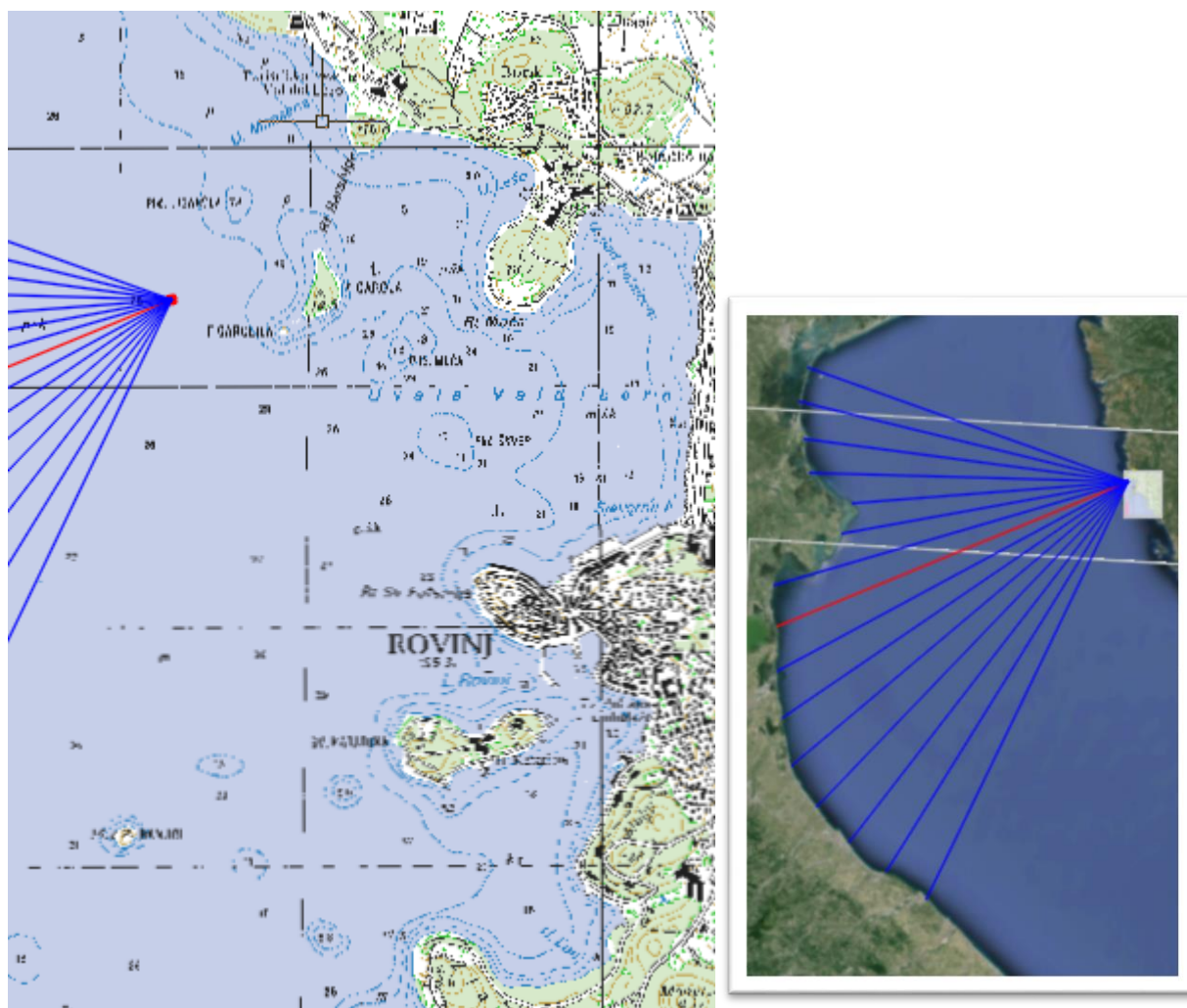


Slika 2.9. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer SW

Tablica 2.9. Efektivna dužina privjetrišta za smjer SW

smjer SW			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos \alpha$	$F_i$ [km]	$F_i * (\cos \alpha)^2$
42	0,743	177,0	97,713
36	0,809	161,6	105,764
30	0,866	154,1	115,568
24	0,914	145,4	121,467
18	0,951	140,0	126,616
12	0,978	140,9	134,769
6	0,995	138,1	136,722
0	1,000	137,1	137,1
-6	0,995	132,8	131,475
-12	0,978	126,0	120,517
-18	0,951	119,1	107,714
-24	0,914	115,1	96,154
-30	0,866	98,8	74,058
-36	0,809	87,4	57,202
-42	0,743	89,8	49,574
$\Sigma$	13,512		1612,413
$F_{eff} =$	119,33		

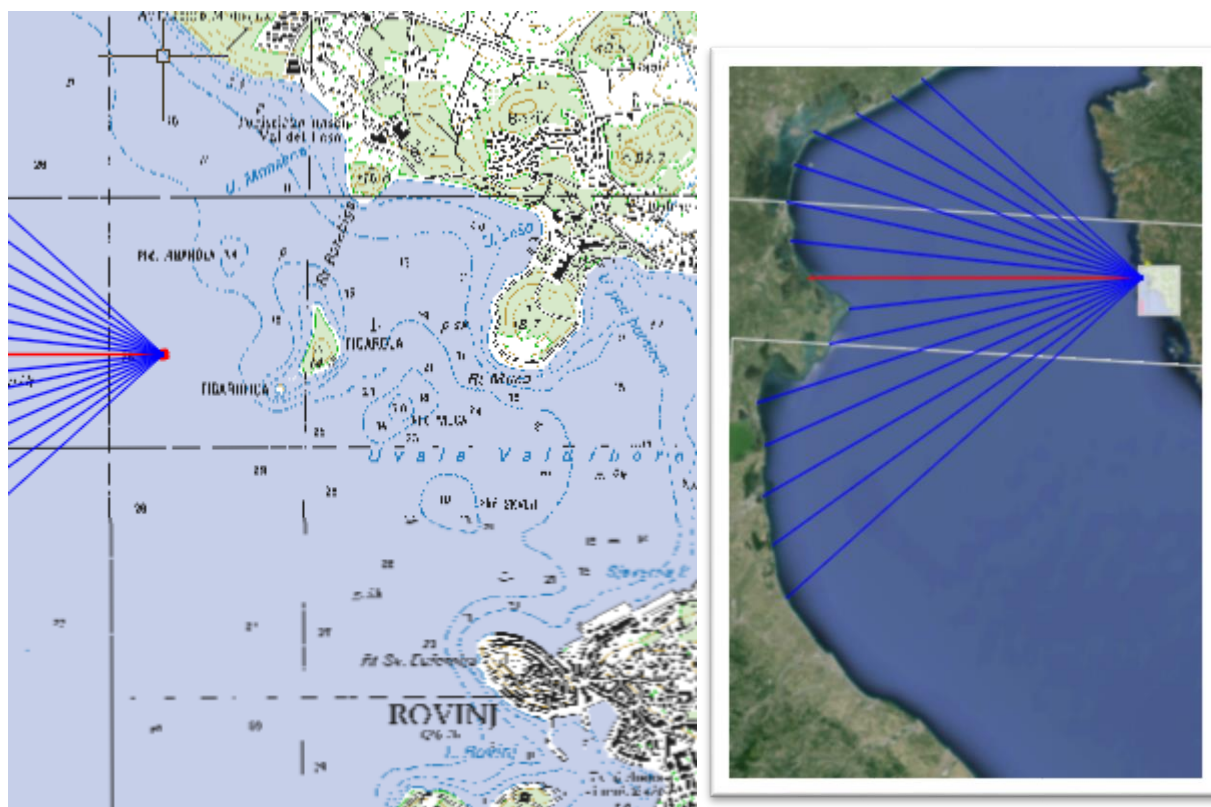




Slika 2.10. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer WSW

Tablica 2.10. Efektivna dužina privjetrišta za smjer WSW

smjer WSW			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos \alpha$	$F_i$ [km]	$F_i * (\cos \alpha)^2$
42	0,743	141,7	78,225
36	0,809	139,9	91,562
30	0,866	139,2	104,394
24	0,914	137,5	114,867
18	0,951	134,2	121,371
12	0,978	127,2	121,617
6	0,995	121,2	119,991
0	1,000	115,8	115,8
-6	0,995	112,8	111,675
-12	0,978	88,6	84,744
-18	0,951	84,2	76,151
-24	0,914	97,0	81,033
-30	0,866	99,7	74,771
-36	0,809	103,3	67,608
-42	0,743	103,8	57,275
$\Sigma$	13,512		1421,084
$F_{eff} =$	105,17		

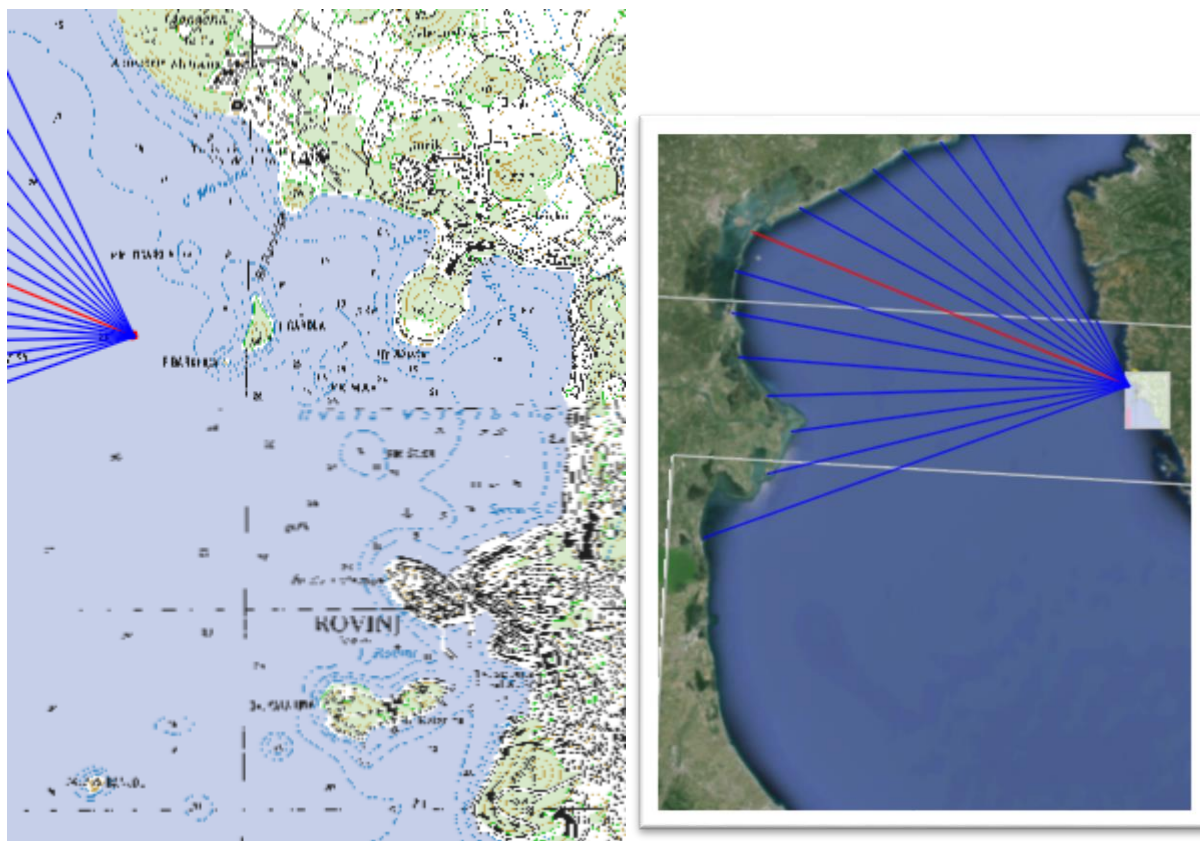


Slika 2.11. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer W

Tablica 2.11. Efektivna dužina privjetrišta za smjer W

smjer W			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos \alpha$	$F_i$ [km]	$F_i * (\cos \alpha)^2$
42	0,743	135,6	74,858
36	0,809	129,2	84,559
30	0,866	123,6	92,695
24	0,914	116,8	97,574
18	0,951	114,5	103,554
12	0,978	90,3	86,371
6	0,995	83,2	82,37
0	1,000	94,6	94,6
-6	0,995	99,7	98,705
-12	0,978	102,6	98,135
-18	0,951	103,6	93,651
-24	0,914	101,8	85,043
-30	0,866	92,8	69,596
-36	0,809	87,1	57,005
-42	0,743	84,1	46,427
$\Sigma$	13,512		1265,143
Feff =	93,63		

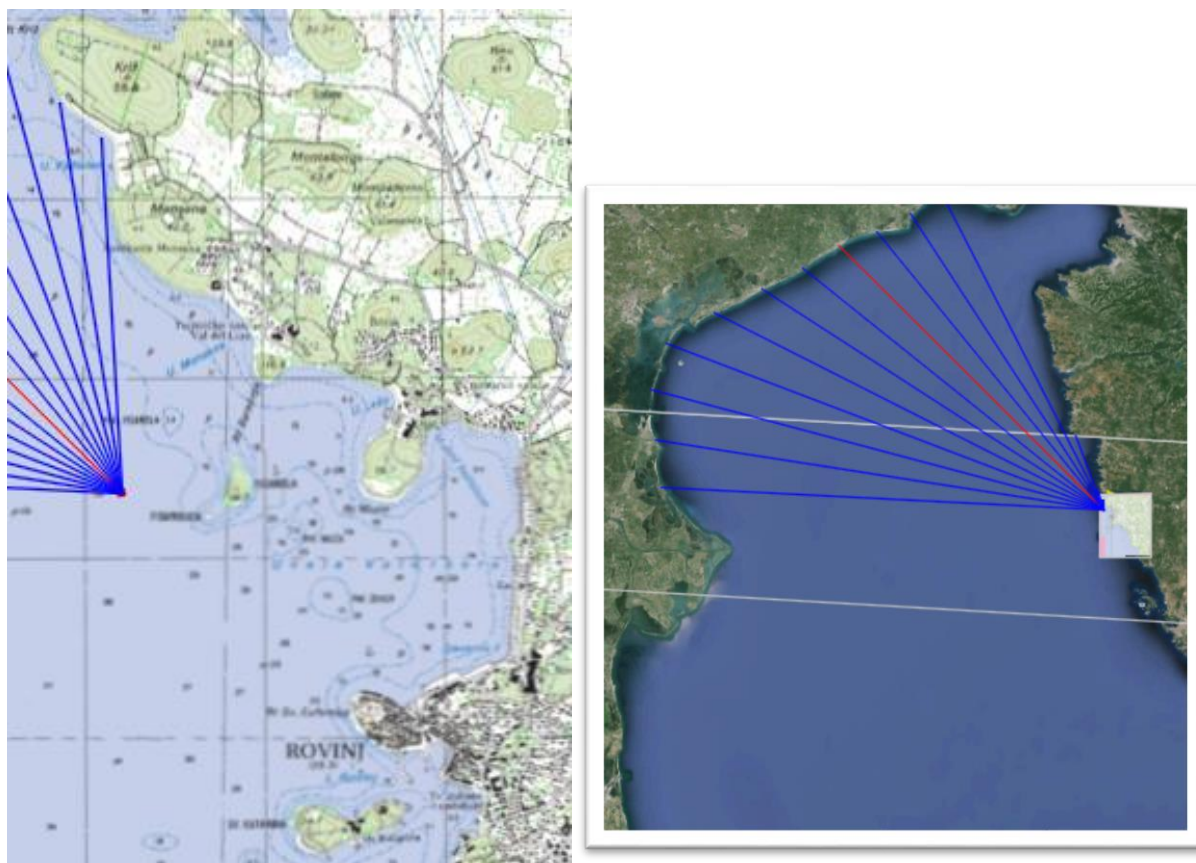




Slika 2.12. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer WNW

Tablica 2.12. Efektivna dužina privjetrišta za smjer WNW

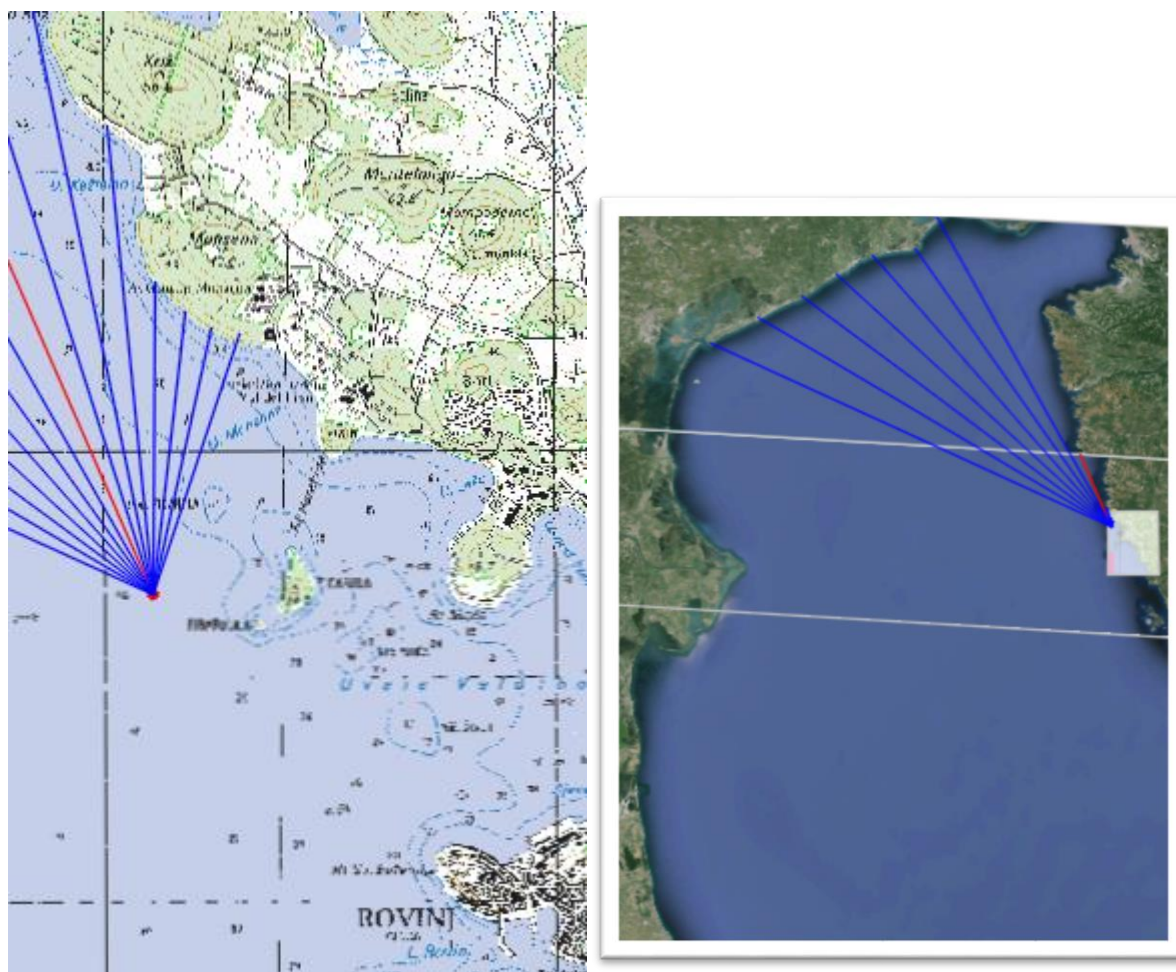
smjer WNW			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos \alpha$	$F_i$ [km]	$F_i * (\cos \alpha)^2$
42	0,743	114,7	63,32
36	0,809	94,1	61,587
30	0,866	86,3	64,721
24	0,914	91,7	76,606
18	0,951	99,1	89,626
12	0,978	102,1	97,657
6	0,995	103,8	102,715
0	1,000	103,0	103
-6	0,995	94,8	93,854
-12	0,978	88,8	84,936
-18	0,951	84,8	76,693
-24	0,914	82,7	69,087
-30	0,866	78,2	58,647
-36	0,809	78,8	51,573
-42	0,743	18,1	9,992
$\Sigma$	13,512		1104,014
Feff =	81,71		



Slika 2.13. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer NW

Tablica 2.13. Efektivna dužina privjetrišta za smjer NW

smjer NW			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos\alpha$	$F_i$ [km]	$F_i \cdot (\cos\alpha)^2$
42	0,743	98,1	54,156
36	0,809	100,4	65,71
30	0,866	103,5	77,62
24	0,914	103,6	86,547
18	0,951	96,7	87,456
12	0,978	90,1	86,179
6	0,995	85,4	84,548
0	1,000	82,8	82,8
-6	0,995	79,4	78,608
-12	0,978	78,4	74,988
-18	0,951	78,3	70,815
-24	0,914	17,4	14,536
-30	0,866	4,4	3,3
-36	0,809	2,2	1,44
-42	0,743	2,0	1,104
$\Sigma$	13,512		869,807
$F_{eff} =$	64,37		



Slika 2.14. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer NNW

Tablica 2.14. Efektivna dužina privjetrišta za smjer NNW

smjer NNW			
Kut $\alpha$ [°]	$\cos \alpha$	$F_i$ [km]	$F_i * (\cos \alpha)^2$
42	0,743	99,4	54,874
36	0,809	92,4	60,474
30	0,866	86,7	65,021
24	0,914	83,9	70,09
18	0,951	81,4	73,573
12	0,978	76,6	73,267
6	0,995	79,7	78,905
0	1,000	17,8	17,8
-6	0,995	4,4	4,356
-12	0,978	4,1	3,874
-18	0,951	2,1	1,899
-24	0,914	1,4	1,17
-30	0,866	1,3	0,975
-36	0,809	1,2	0,785
-42	0,743	1,2	0,662
$\Sigma$	13,512		507,725
$F_{eff} =$	37,58		

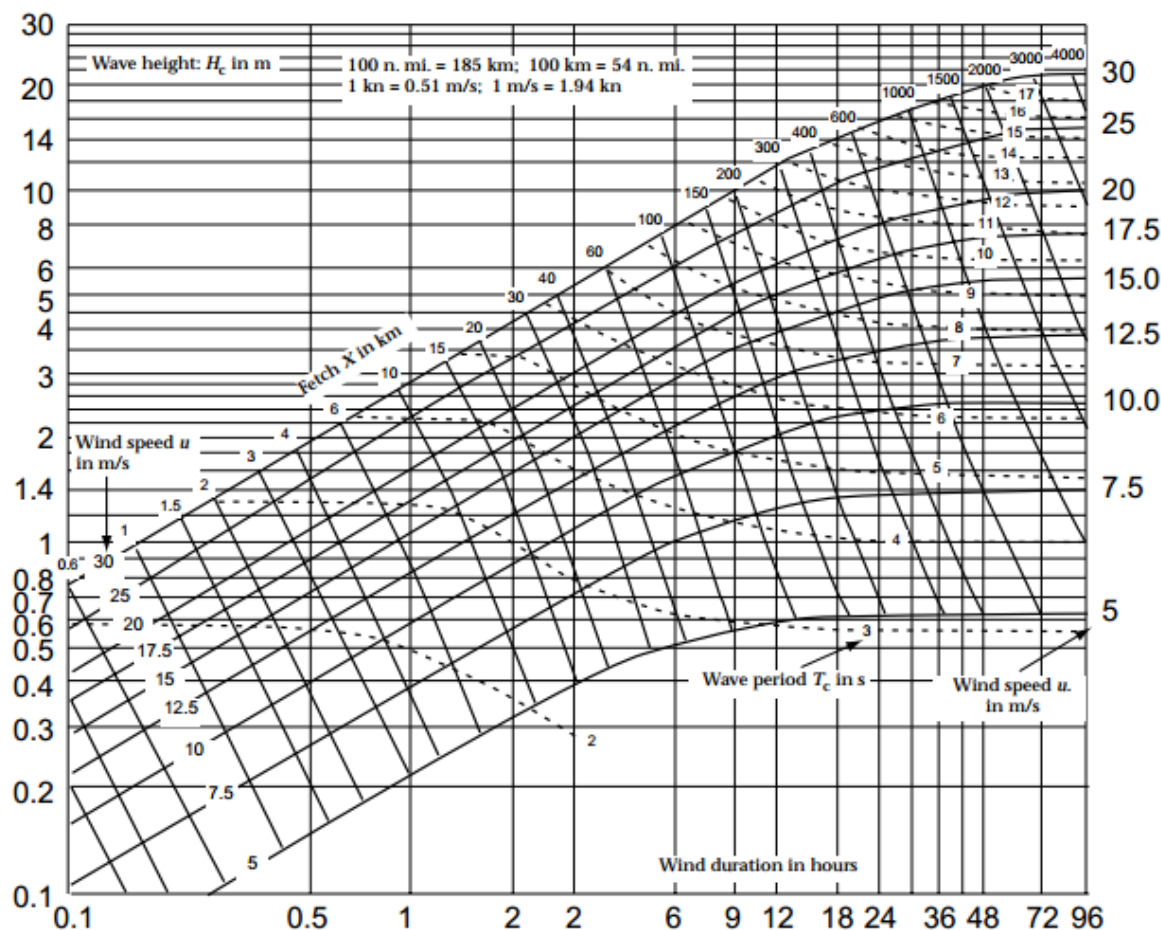


## 2.5. Formiranje uzorka vjetra za dugoročne valne prognoze

Dugoročna prognoza značajne valne visine  $H_s^{PR}$  s povratnim periodima  $PP = 5, 10, 20, 50$  i  $100$  godina radi se na temelju uzorka značajne valne visine  $H_s$ . Taj uzorak sadrži veliki broj  $H_s$  za kratkoročna stanja mora (kratkoročne valne situacije) iz razdoblja 2004.-2013.

Uzorak značajnih valnih visina za dugoročnu valnu prognozu dobije se iz uzorka vjetra za dugoročnu valnu prognozu. Uzorak vjetra formira se po kriteriju prekoračenja praga iz tablice kontigencije vjetra s apsolutnim učestalostima za razdoblje 2004-2013, a uzorak formiraju podaci s brzinama vjetra preko zadanog praga  $>3$  Bf.

Za odabrane razrede brzina i njihovu višu granicu te pripadajuće privjetrište pojedinog sektora, iz dijagrama Groen-Dorrenstein (slika 2.15.) određen je uzorak značajnih visina vala  $H_s$  i perioda vala  $T$  (tablica 2.15).



Slika 2.15. Groen-Dorrenstein dijagram

Tablica 2.15. Uzorak značajnih valnih visina  $H_s$  i pripadajućih valnih perioda  $T_s$ 

	Wind velocity[m/s]	5,4	7,9	10,7	13,8	17,1	20,7	24,4
	Wind [Bf]	3	4	5	6	7	8	9
Sector I	Fetch [km]	Feff1=52.32 km						
	Frequency	653	345	176	86	17	6	0
	Ts[s]	3,15	4	4,7	5,3	5,8	6,4	6,8
	Hs [m]	0,62	1,15	1,75	2,37	3,15	4,09	4,88
Sector II	Fetch [km]	Feff2=119.33 km						
	Frequency	330	125	62	28	8	1	1
	Ts[s]	3,4	4,5	5,4	6,25	7	7,8	8,2
	Hs [m]	0,77	1,46	2,14	3	4,1	5,32	6,4
Sector III	Fetch [km]	Feff3=81.71 km						
	Frequency	279	81	27	5	2	1	0
	Ts[s]	3,3	4,24	5	5,7	6,3	7	7,4
	Hs [m]	0,68	1,33	1,88	2,64	3,5	4,59	5,38

## 2.6. Proračun značajnih valnih visina za duga povratna razdoblja

Za uzorak valova iz tablice 2.15 radi se metoda dugoročne valne analize uz primjenu Gumbelove distribucije i izraza 2.2 za ekstrapolaciju valne visine za pojedina povratna razdoblja ( $T_R=5, 10, 20, 50, 100$ ).

$$P(H' \leq H) = 1 - \frac{1}{\lambda T_R}$$

$$H_{T_R} = \gamma - \beta \ln \left( \ln \left[ \frac{\lambda T_R}{\lambda T_R - 1} \right] \right) ; \quad (2.2)$$

gdje su:

$T_R$  – traženi povratni period

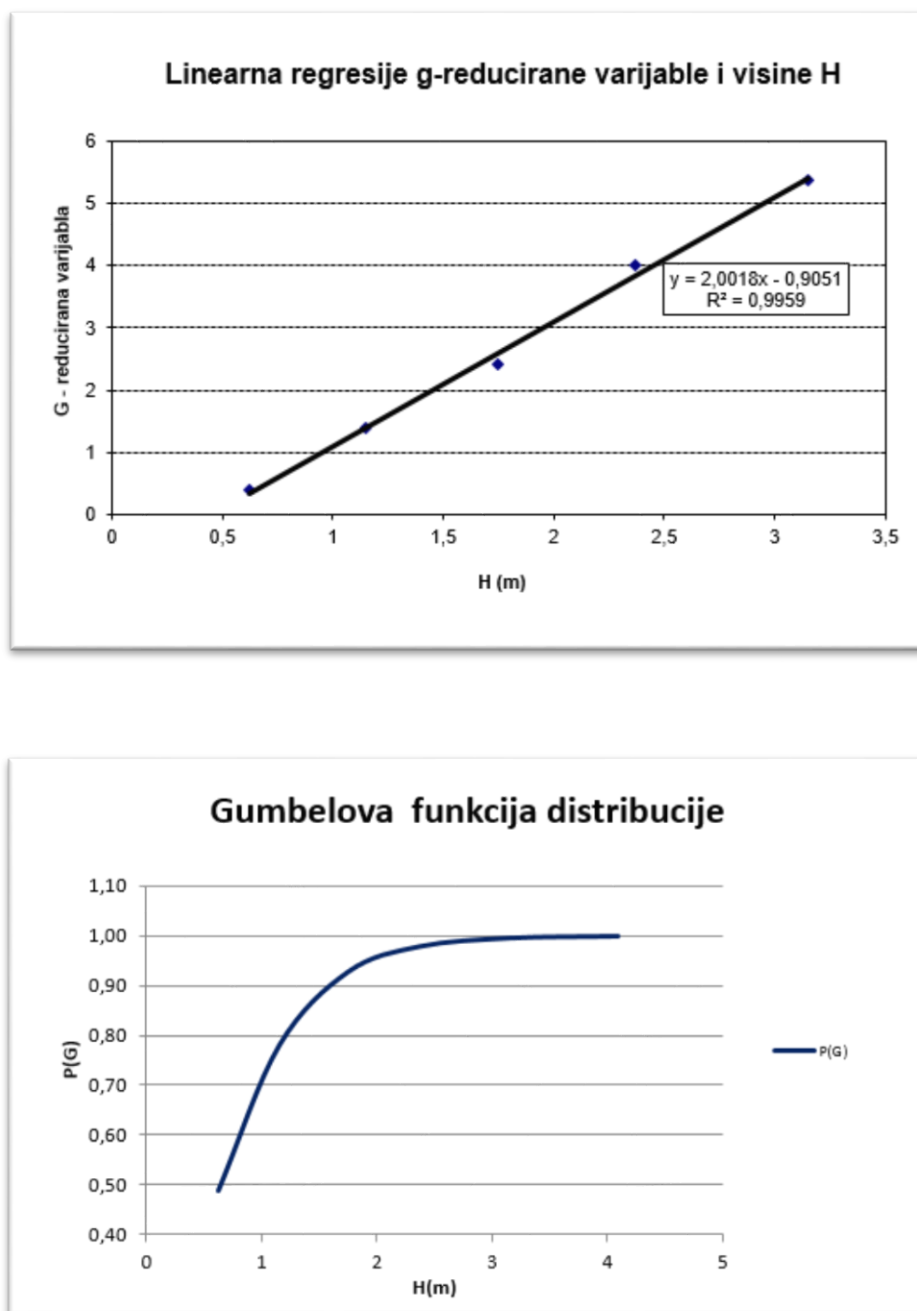
$H_{T_R}$  – značajna visina vala za traženi povratni period ekstrapolirana uz pomoć distribucije definirane na mjerenjima od 9 godina (2004.-2013.)

$\lambda$  - parametar koji predstavlja odnos ukupnog broja pojavljivanja valova iznad odabrane granične visine vala i broja godina u kojem je promatran uzorak (izraz 2.3)

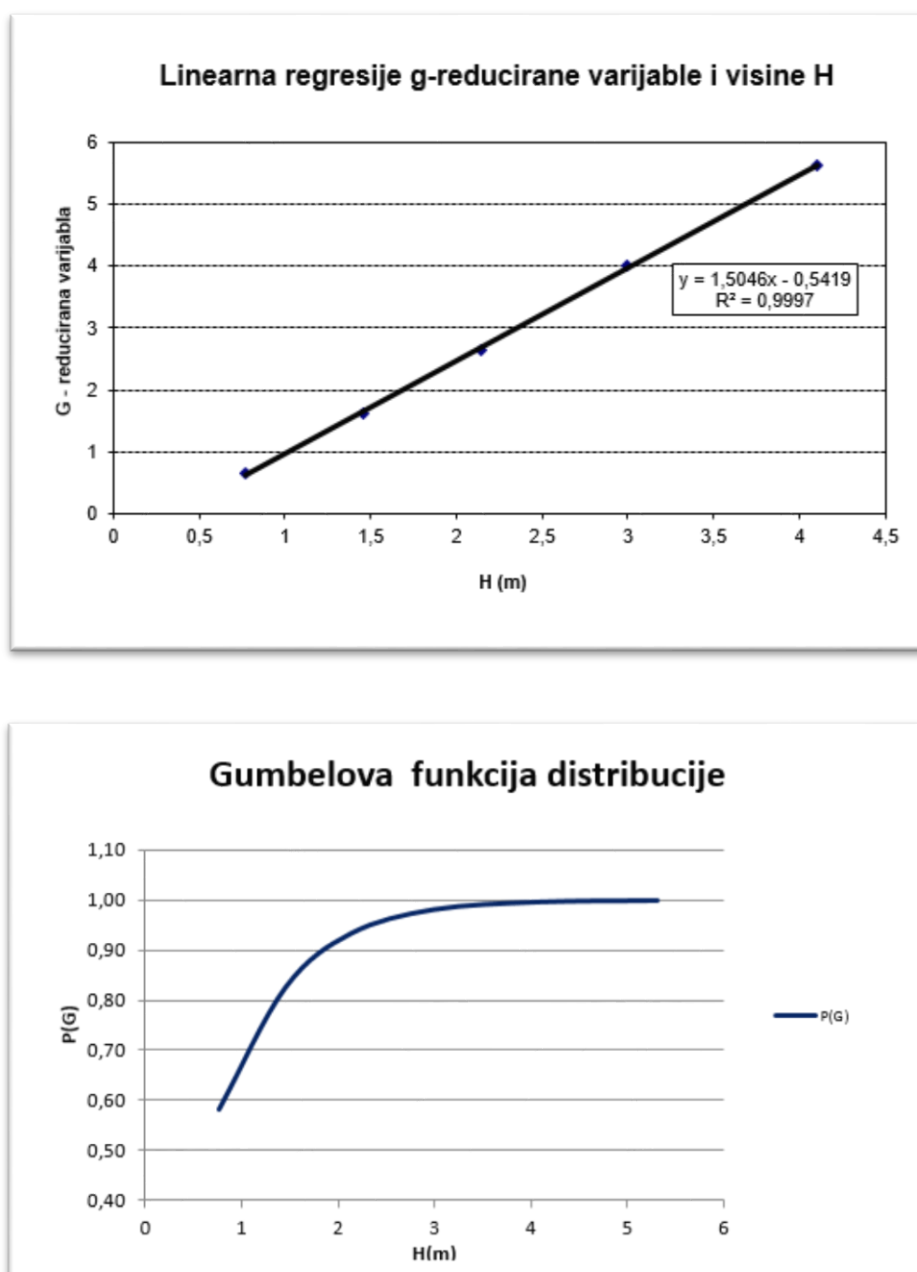
$$\lambda = \frac{\sum N(H > H_{gr})}{N_{godina}} \quad (2.3)$$

Definiranje pripadajućih perioda za dobivene značajne visine vala odrađen je na isti način, statističkom obradom podataka uz upotrebu Gumbelove distribucije i korištenjem iste formule za ekstrapolaciju (izraz 2.2).

U nastavku su prikazane linearne regresije reducirane Gumbelove varijable (G) korištene za dobivanje gore spomenutih koeficijenata (iz faktora pravca regresije), kao i pripadajuće distribucije (slika 2.16., 2.17. i 2.18.), za dobivanje značajne visine vala po pojedinom sektoru.

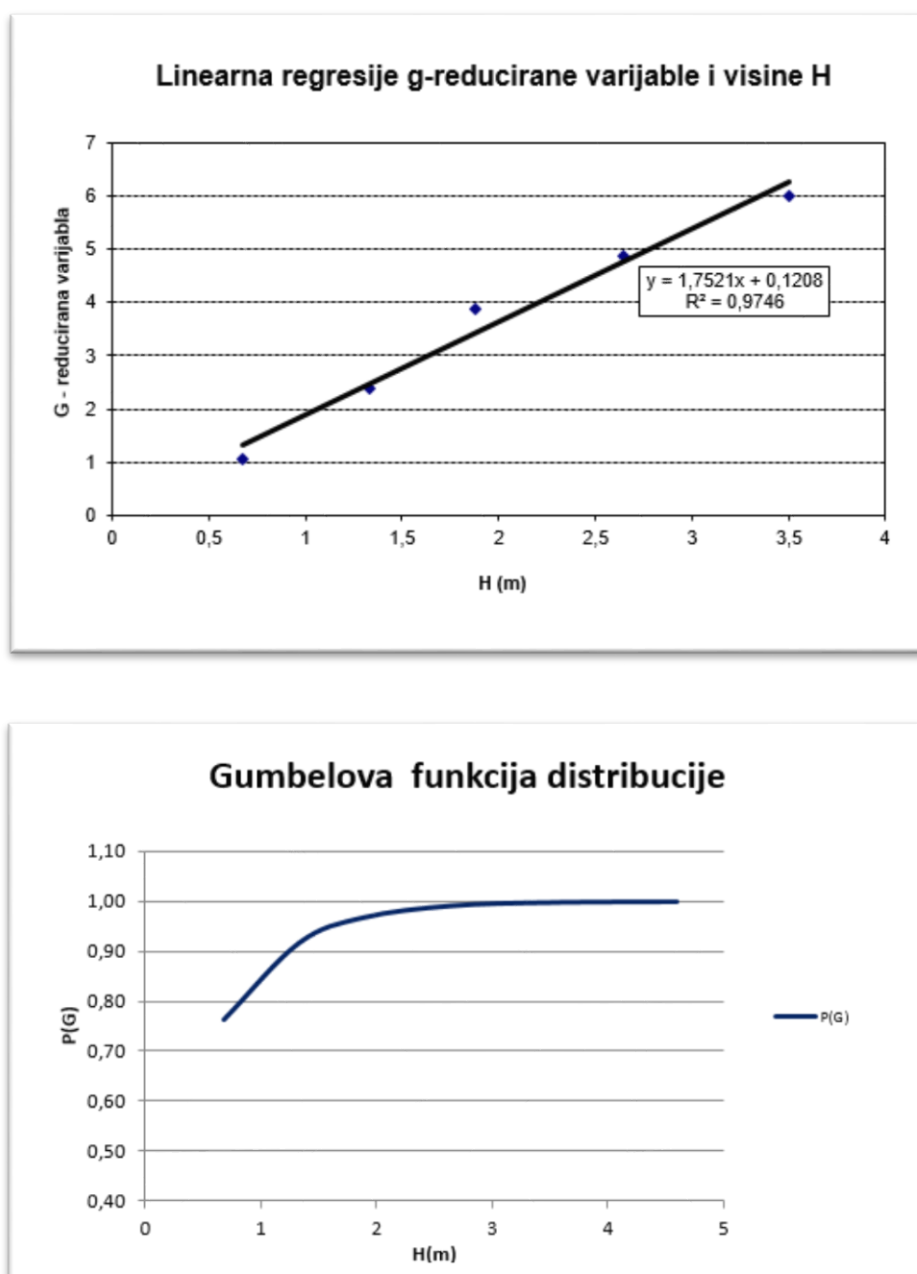


Slika 2.16. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za sektor I



Slika 2.17. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za sektor II





Slika 2.18. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za sektor III

U tablicama 2.16., 2.17. i 2.18. su dane dugoročne ekstremne značajne visine vala ( $H_s^{PP}$ ) i pripadajući periodi vala ( $T_0^{PP}$ ) dobiveni za povratne periode od 5, 10, 20, 50 i 100 godina ekstrapolacijom iz Gumbelove distribucije za svaki sektor. Uz navedene veličine prikazane su još desetinske ( $H_{1/10}^{PP}$ ), stotinske ( $H_{1/100}^{PP}$ ) i maksimalne valne visine ( $H_{max}^{PP}$ ) za svaki sektor i povratni period, te pripadajući vršni spektralni period ( $T_P^{PP}$ ) i valna duljina ( $L_0$ ).

Tablica 2.16. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za sektor I  
( $H_{1/10}=1,27 \cdot H_s$ ;  $H_{1/100}=1,67 \cdot H_s$ ;  $H_{max}=1,8 \cdot H_s$ ;  $T_P=1,1T_0$ )

PP	SEKTOR I						
	$H_s$	$H_{1/10}$	$H_{1/100}$	$H_{1/max}$	$T_0$	$L_0$	$T_P$
	(m)	(m)	(m)	(m)	(s)	(m)	(s)
100	5,23	6,64	8,73	9,41	8,26	106,50	9,08
50	4,88	6,20	8,16	8,79	7,89	97,15	8,67
20	4,43	5,62	7,39	7,97	7,40	85,44	8,14
10	4,08	5,18	6,81	7,34	7,02	77,08	7,73
5	3,73	4,74	6,23	6,72	6,65	69,15	7,32

Tablica 2.17. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za sektor II  
( $H_{1/10}=1,27 \cdot H_s$ ;  $H_{1/100}=1,67 \cdot H_s$ ;  $H_{max}=1,8 \cdot H_s$ ;  $T_P=1,1T_0$ )

PP	SEKTOR II						
	$H_s$	$H_{1/10}$	$H_{1/100}$	$H_{1/max}$	$T_0$	$L_0$	$T_P$
	(m)	(m)	(m)	(m)	(s)	(m)	(s)
100	6,16	7,82	10,29	11,09	9,59	143,59	10,55
50	5,70	7,24	9,52	10,26	9,08	128,73	9,99
20	5,09	6,46	8,50	9,16	8,40	110,33	9,24
10	4,63	5,88	7,73	8,33	7,89	97,34	8,68
5	4,17	5,29	6,96	7,50	7,38	85,16	8,12

Tablica 2.18. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za sektor III  
( $H_{1/10}=1,27 \cdot H_s$ ;  $H_{1/100}=1,67 \cdot H_s$ ;  $H_{max}=1,8 \cdot H_s$ ;  $T_P=1,1T_0$ )

PP	SEKTOR III						
	$H_s$	$H_{1/10}$	$H_{1/100}$	$H_{1/max}$	$T_0$	$L_0$	$T_P$
	(m)	(m)	(m)	(m)	(s)	(m)	(s)
100	4,72	5,99	7,88	8,49	7,79	94,70	8,56
50	4,32	5,49	7,22	7,78	7,37	84,76	8,10
20	3,80	4,82	6,34	6,84	6,81	72,46	7,49
10	3,40	4,32	5,68	6,13	6,39	63,80	7,03
5	3,01	3,82	5,02	5,41	5,97	55,68	6,57

### 3. Analiza valnih deformacija

#### 3.1. Refrakcija

Refrakcija je deformacija valova na nagnutom dnu kada oni nailaze koso ( $\alpha \neq 0$ ) na izobate morskog dna. Manifestira se promjenom smjera rasprostiranja valova i parametara vala. Promjena smjera rasprostiranja valova nastaje u prijelaznom području (srednje duboko more) i u plitkom moru, kad je  $d < L_0/2$  i ovisi o dubini  $d$  i kutu  $\alpha$  kojeg zraka vala čini s konturom dna.

##### 3.1.1. Primjena numeričke integracije

U dubokom moru ( $d > L_0/2$ ) dno ne utječe na promjenu parametara vala (kaže se da val "ne osjeća dno"). Zbog toga su parametri vala konstantne veličine i u dubokom moru se "indeksiraju" s "0",  $H_0$  – visina vala,  $L_0$  – dužina vala,  $c_0$  – brzina vala. Brzina vala ne ovisi o dubini mora  $d$ , već o periodu vala  $c = f(T)$ , koji je za idealan val konstantan ( $T = \text{const.}$ ). Zbog toga sve točke duž grebena vala u dubokom moru imaju istu brzinu pa su grebenovi i zrake valova pravci.

- brzina točke vala

$$c = c_0 = f(T) = \text{const.} \quad (3.1)$$

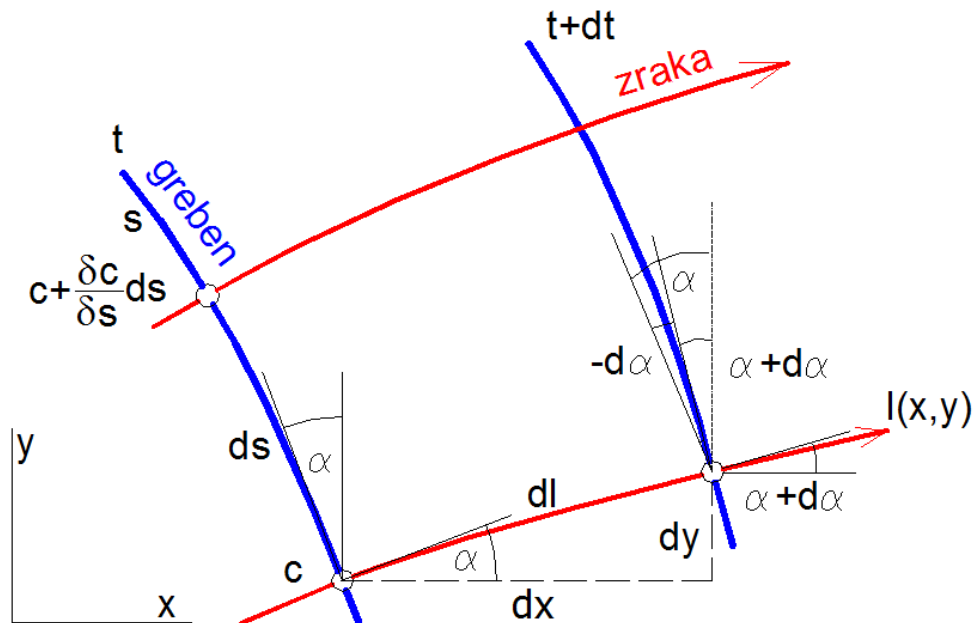
- promjena položaja točke vala u vremenu  $dt$ :

$$dl = c_0 \cdot dt \quad (3.2)$$

$$dx = c_0 \cdot \cos \alpha \cdot dt \quad (3.3)$$

$$dy = c_0 \cdot \sin \alpha \cdot dt \quad (3.4)$$

U prijelaznom području i u plitkom moru valovi “osjećaju” dno te dolazi do savijanja grebenova, jer se dio grebena koji je u dubljjoj vodi kreće brže nego u plitkoj vodi. Kod analize refrakcije valova smatra se da prenošenje energije između zraka vala (ortogonala) ostaje konstantno tj. ne dolazi do širenja energije bočno po grebenu.



Slika 3.1. Diferencijalni segment integracije u planu refrakcije

Jednadžbe zraka vala (promjenjiva dubina):

- brzina vala u točki (x,y)

$$c = c(x,y) \quad (3.5)$$

- promjena položaja točke vala u vremenu dt:

$$dl = c \cdot dt \quad (3.6)$$

$$dx = c \cdot \cos \alpha \cdot dt \quad (3.7)$$

$$dy = c \cdot \sin \alpha \cdot dt \quad (3.8)$$

$$\frac{dx}{dt} = \cos \alpha \cdot dt \quad (3.9)$$

$$\frac{dy}{dt} = \sin \alpha \cdot dt \quad (3.10)$$

- promjena kuta zrake vala u vremenu  $dt$ :

$$d\alpha = -\frac{\left(c + \frac{\partial c}{\partial s} \cdot ds\right) \cdot dt - c \cdot dt}{ds} = -\frac{\partial c}{\partial s} \cdot dt \quad (3.11)$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = -\frac{\partial c}{\partial s} \quad (3.12)$$

$$\frac{\partial c}{\partial s} = -\sin \alpha \frac{\partial c}{\partial x} + \cos \alpha \frac{\partial c}{\partial y} \quad (3.13)$$

Početni uvjeti:

$T_p (x_p, y_p)$  – početna točka zrake vala

$d_p$  – dubina u točki  $T_p$

$c_p$  – brzina vala u točki  $T_p$

Integracijom diferencijalnih jednadžbi:

$$x = x_p + \int_{t_p}^t c \cdot \cos \alpha \cdot dt \quad (3.14)$$

$$y = y_p + \int_{t_p}^t c \cdot \sin \alpha \cdot dt \quad (3.15)$$

$$\alpha = \alpha_0 + \int_{t_p}^t -\frac{\partial c}{\partial s} dt \quad (3.16)$$

Rješavanje sustava jednažbi provodi se jednim od postupaka numeričke integracije (diskretizacija u vremenu –  $\Delta t$ ). U ovome radu korišten je mješoviti postupak (uzima se srednje stanje između eksplicitne i implicitne metode), a vrijednosti integrala mogu se izraziti na sljedeći način:

$$x^{t_{k+1}} = x^{t_k} + [(1 - \vartheta) \cdot c^{t_k} \cdot \cos \alpha^{t_k} + \vartheta \cdot c^{t_{k+1}} \cos \alpha^{t_{k+1}}] \cdot (t^{t_{k+1}} - t^{t_k}) \quad (3.17)$$

$$y^{t_{k+1}} = y^{t_k} + [(1 - \vartheta) \cdot c^{t_k} \cdot \sin \alpha^{t_k} + \vartheta \cdot c^{t_{k+1}} \sin \alpha^{t_{k+1}}] \cdot (t^{t_{k+1}} - t^{t_k}) \quad (3.18)$$

$$\alpha^{t_{k+1}} = \alpha^{t_k} + \left[ (1 - \vartheta) \cdot \left( -\frac{\partial c}{\partial s} \right)^{t_k} + \vartheta \cdot \left( -\frac{\partial c}{\partial s} \right)^{t_{k+1}} \right] \cdot (t^{t_{k+1}} - t^{t_k}) \quad (3.19)$$

$$\frac{\partial c}{\partial s} \Big|^{t_k} = -\sin \alpha^{t_k} \cdot \left( \frac{\partial c}{\partial x} \right)^{t_k} + \cos \alpha^{t_k} \cdot \left( \frac{\partial c}{\partial y} \right)^{t_k} \quad (3.20)$$

$$\frac{\partial c}{\partial s} \Big|^{t_{k+1}} = -\sin \alpha^{t_{k+1}} \cdot \left( \frac{\partial c}{\partial x} \right)^{t_{k+1}} + \cos \alpha^{t_{k+1}} \cdot \left( \frac{\partial c}{\partial y} \right)^{t_{k+1}} \quad (3.21)$$

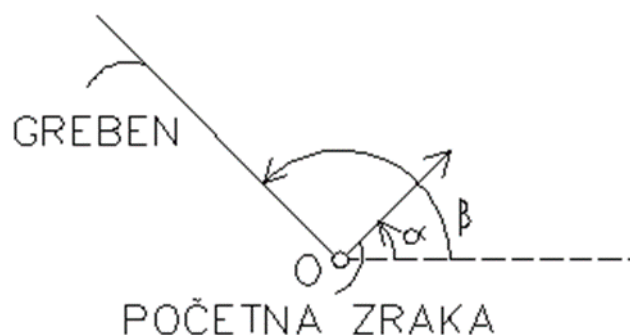
### 3.1.2. Postupak rješavanja refrakcije

Za izradu plana refrakcije korišten je paket programa *RefractionToolKit*, napisan u Fortranu, a primijenjena metoda je numerička integracija diferencijalne jednačbe zrake vala.

Potrebno je kreirati .dxf file sa polilinijsama batimetrija, koji nam je ujedno i input file za spomenuti program. Slijedi zadavanje rubnih uvjeta (granica) i početnih uvjeta :

- Visina vala u dubokom moru –  $H_0$
- Period vala –  $T$
- $(x_0, y_0)$  koordinate točke 0, točka 0 je odabrana točka s kojom se obuhvaća promatrano područje
- Kutovi smjera -  $\alpha_0$  i  $\beta_0$
- Broj i razmak zraka

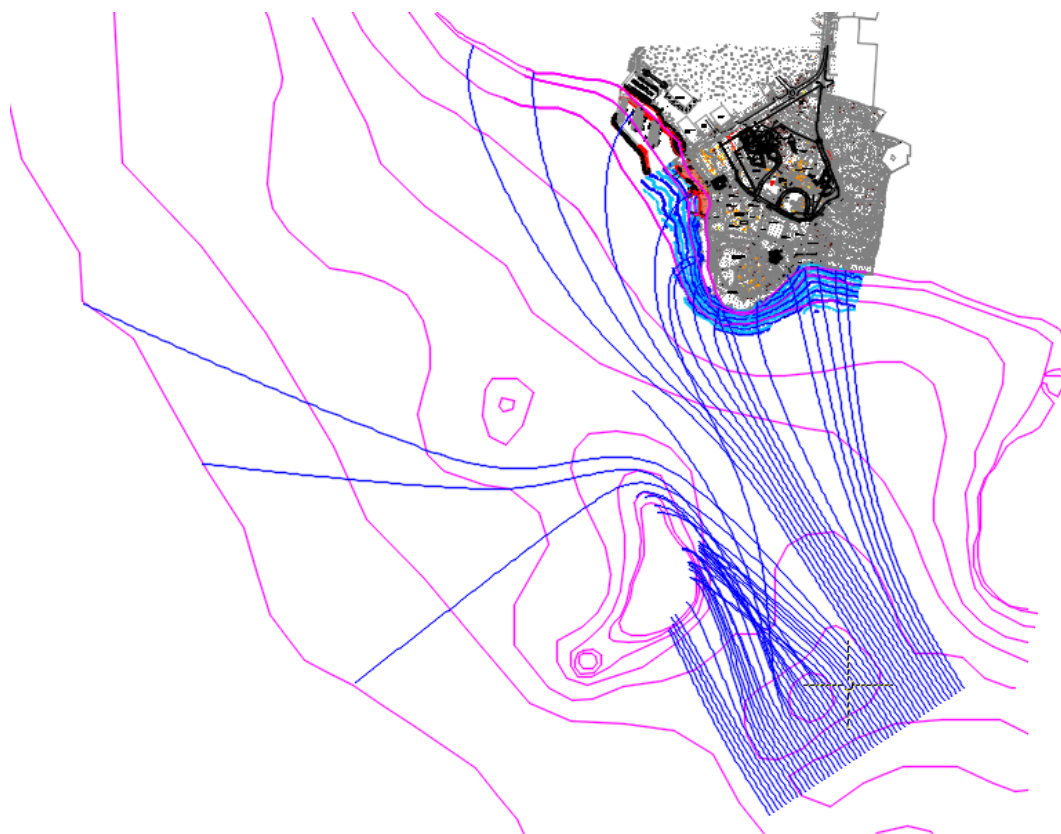
Točka 0 je točka u kojoj se zadaje početni greben i početna zraka s ciljem da dobivene refraktirane zrake obuhvate interesno područje. Za proračun plana refrakcije potrebno je zadati greben u dubokom moru, jer je u tom području greben nedeformiran. Na slici 3.2. je prikazano na koji način se zadaju kutevi  $\alpha$  i  $\beta$  koje je potrebno unijeti u program.



Slika 3.2. Način zadavanja kuteva  $\alpha_0$  i  $\beta_0$

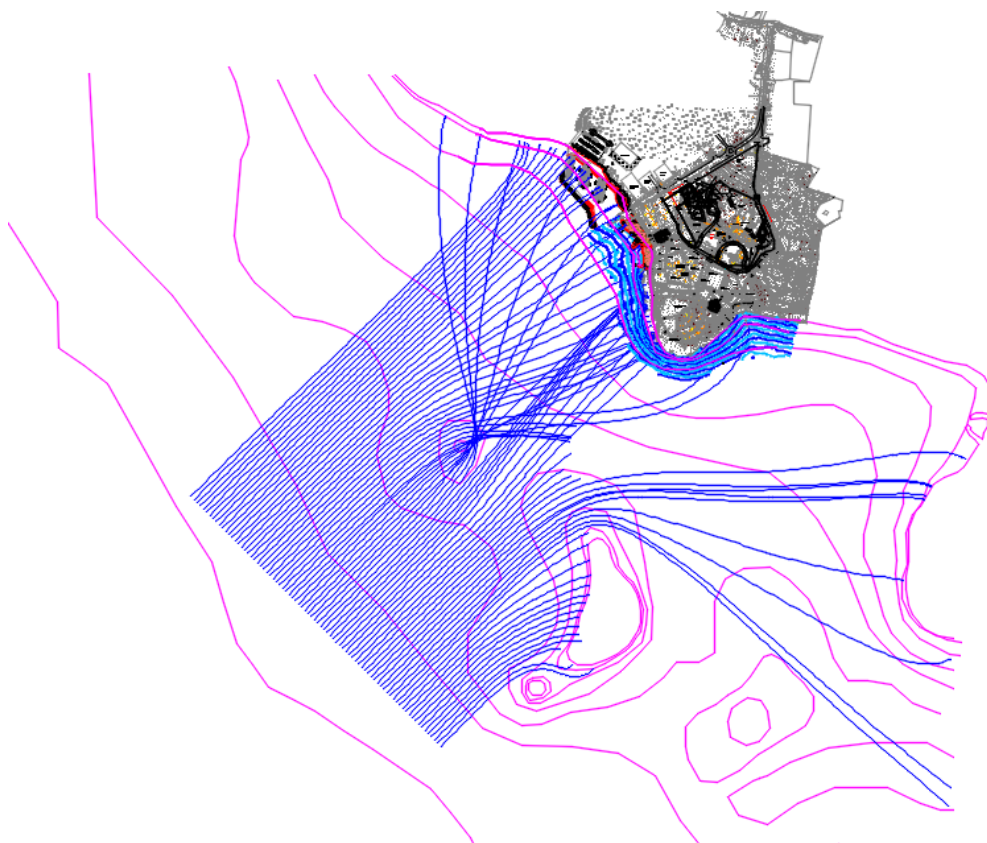
*RefractionToolKit* koristi file REF.INP i generira plan refrakcije kao niz koordinata (x,y) točaka ortogonalna (zraka) valova, te kao rezultat daje iscrtan plan refrakcije u obliku slika i .dxf.formata.

Refrakcija valova napravljena je za sva tri sektora i prikazani su u PRILOGU 2, PRILOGU 3 i PRILOGU 4.

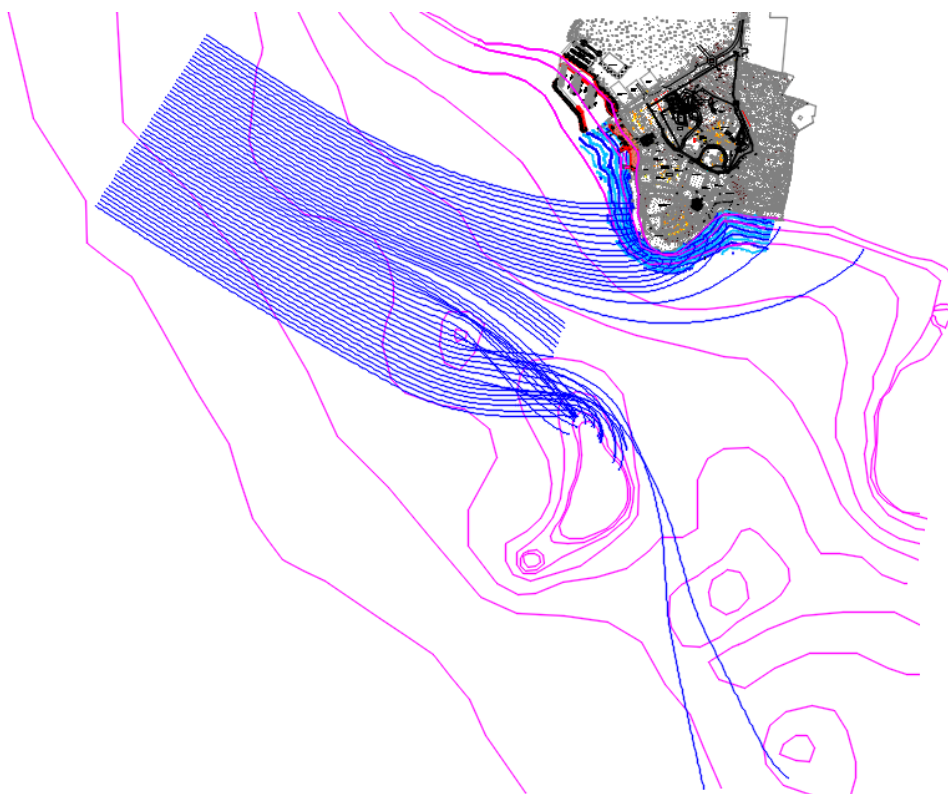


*Slika 3.3. Situacija refrakcije za sektor I (jugo)*





*Slika 3.4. Situacija refrakcije za sektor II (lebić)*



*Slika 3.5. Situacija refrakcije za sektor III (maestral)*

### 3.2.Lom vala

Kada se val rasprostire prema obali mijenja se strmost vala. Strmost vala se definira kao kvocijent visine i dužine vala. Idealan val može zadržati stabilnu formu, tj. neće se lomiti samo ako mu je strmost manja od maksimalne strmosti za određenu dubinu.

Maksimalna strmost vala u dubokoj vodi ( $d > L_0/2$ ) određena je izrazom:

$$\left( \frac{H_0}{L_0} \right)_{\max} = 0,141 \quad (3.22)$$

Dubokovodni valovi ne reagiraju s dnom, tako da im strmost može povećati samo vjetar i na taj način dovesti do loma kad se prekorači  $(H_0/L_0)_{\max}$ .

Maksimalna strmost vala u plićem moru ( $d < L/2$ ) određena je izrazom:

$$\left( \frac{H}{L} \right)_{\max} = 0,141 \cdot th \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot d}{L} \quad (3.23)$$

Valovi u plitkom reagiraju s dnom što rezultira povećanjem strmosti i lomom vala ako se prekorači  $(H/L)_{\max}$ .

Usporedbom izraza za duboku i plitku vodu može se zaključiti da valovi u dubokoj vodi mogu održati stabilnu formu uz veću strmost nego u plitkoj vodi.

Proračun mjesta gdje se val lomi obavljen je iterativno u Excelu ( Tablica 3.1 i Tablica 3.2.), te je izračunato da se val  $H_0 = 5,7$  m lomi na području između 6,0 i 5,0 m dubine za lučicu, te val  $H_0 = 4,17$  m na području između 4,0 i 3,0 m dubine za plažu.

Tablica 3.1. Proračun sloma vala za lučicu

LO=	128,7243881	HO=	5,7	BO=	10	CgO=	7,47854									
D(m)	D/L	Lpret	Lizr		(H/L)max	k*d	H/L	T	g t2 / 2 pi	detekcija područja mora	c	k=2pi/L	uvjet sloma	detekcija loma	c grupe	
50	0,388	126,915	126,915		0,141	2,475	0,044	9,080	128,724	srednje more	13,977	0,050	0,141	nije se slomio	7,479	
40	0,315	124,291	124,291		0,138	2,022	0,043		128,724	srednje more	13,688	0,051	0,138	nije se slomio	7,815	
30	0,241	118,468	118,468		0,131	1,591	0,042		128,724	srednje more	13,047	0,053	0,131	nije se slomio	8,249	
20	0,169	106,507	106,507		0,118	1,180	0,045		128,724	srednje more	11,730	0,059	0,118	nije se slomio	8,503	
10	0,094	82,584	82,584		0,092	0,761	0,057		128,724	srednje more	9,095	0,076	0,092	nije se slomio	7,721	
9	0,109	79,044	79,044		0,088	0,715	0,060		128,724	srednje more	8,705	0,079	0,088	nije se slomio	7,512	
8	0,101	75,182	75,182		0,083	0,669	0,063		128,724	srednje more	8,280	0,084	0,083	nije se slomio	7,263	
7	0,093	70,942	70,942		0,079	0,620	0,066		128,724	srednje more	7,813	0,089	0,079	nije se slomio	6,966	
6	0,085	66,249	66,249		0,074	0,569	0,070		128,724	srednje more	7,296	0,095	0,074	nije se slomio	6,613	
5	0,075	60,997	60,997		0,068	0,515	0,077		128,724	srednje more	6,718	0,103	0,068	slomio se	6,190	
4	0,066	55,023	55,023		0,061	0,457	0,090		128,724	srednje more	6,060	0,114	0,061	slomio se	5,676	
3	0,055	48,054	48,054		0,053	0,392	0,111		128,724	srednje more	5,292	0,131	0,053	slomio se	5,039	
2	0,042	39,564	39,564		0,045	0,318	0,154		128,724	srednje more	4,357	0,159	0,045	slomio se	4,217	
1,9	0,048	38,594	38,594		0,044	0,309	0,162		128,724	plitko more	4,250	0,163	0,044	slomio se	4,121	
1,5	0,039	34,405	34,405		0,039	0,274	0,202		128,724	plitko more	3,789	0,183	0,039	slomio se	3,698	
1	0,029	28,208	28,208		0,032	0,223	0,298		128,724	plitko more	3,107	0,223	0,032	slomio se	3,056	
0,9	0,032	26,782	26,782		0,030	0,211	0,330		128,724	plitko more	2,950	0,235	0,030	slomio se	2,907	
0,8	0,030	25,271	25,271		0,028	0,199	0,370		128,724	plitko more	2,783	0,249	0,028	slomio se	2,747	

Prema gore prikazanom proračunu (Tablica 3.1), lom vala se događa na dubinama između 6,0 i 5,0 m, što znači da na cijeli dio konstrukcije lukobrana val dolazi već slomljen i znatno manje razorne snage.

Tablica 3.2. Proračun sloma vala za plažu

L0=	85,03581192	HO=	4,17	BO=	10	Cg0=	5,813857									
D(m)	D/L	Lpret	Lizr		(H/L)max	k*d	H/L	T	g t2 / 2 pi	detekcija područja mora	c	k=2pi/L	uvjet sloma	detekcija loma	c grupe	
50	0,588	85,036	85,036		0,143	3,694	0,049	7,380	85,036	duboko more	11,522	0,074	0,143	nije se slomio	5,814	
40	0,470	84,590	84,590		0,142	2,971	0,048		85,036	srednje more	11,462	0,074	0,142	nije se slomio	5,910	
30	0,355	83,222	83,222		0,140	2,265	0,047		85,036	srednje more	11,277	0,075	0,140	nije se slomio	6,189	
20	0,240	78,409	78,409		0,132	1,603	0,044		85,036	srednje more	10,625	0,080	0,132	nije se slomio	6,695	
10	0,128	64,065	64,065		0,108	0,981	0,043		85,036	srednje more	8,681	0,098	0,108	nije se slomio	6,784	
9	0,140	61,629	61,629		0,104	0,918	0,044		85,036	srednje more	8,351	0,102	0,104	nije se slomio	6,685	
8	0,130	58,910	58,910		0,099	0,853	0,047		85,036	srednje more	7,982	0,107	0,099	nije se slomio	6,548	
7	0,119	55,861	55,861		0,094	0,787	0,049		85,036	srednje more	7,569	0,112	0,094	nije se slomio	6,363	
6	0,107	52,418	52,418		0,088	0,719	0,055		85,036	srednje more	7,103	0,120	0,088	nije se slomio	6,120	
5	0,095	48,491	48,491		0,081	0,648	0,061		85,036	srednje more	6,571	0,130	0,081	nije se slomio	5,804	
4	0,082	43,944	43,944		0,074	0,572	0,072		85,036	srednje more	5,954	0,143	0,074	nije se slomio	5,392	
3	0,068	38,553	38,553		0,065	0,489	0,089		85,036	srednje more	5,224	0,163	0,065	slomio se	4,850	
2	0,052	31,882	31,882		0,054	0,394	0,119		85,036	srednje more	4,320	0,197	0,054	slomio se	4,112	
1,9	0,060	31,115	31,115		0,052	0,384	0,124		85,036	srednje more	4,216	0,202	0,052	slomio se	4,023	
1,5	0,048	27,786	27,786		0,048	0,339	0,155		85,036	srednje more	3,765	0,226	0,048	slomio se	3,628	
1	0,036	22,830	22,830		0,039	0,275	0,222		85,036	plitko more	3,093	0,275	0,039	slomio se	3,018	
0,9	0,039	21,685	21,685		0,037	0,261	0,245		85,036	plitko more	2,938	0,290	0,037	slomio se	2,874	
0,8	0,037	20,471	20,471		0,035	0,246	0,274		85,036	plitko more	2,774	0,307	0,035	slomio se	2,720	

Može se primijetiti da ovaj tip vala dolazi na plažu već slomljen i iako veće snage, neće imati dominantan utjecaj na oblikovanje lica plaže kao manji i učestaliji valovi.

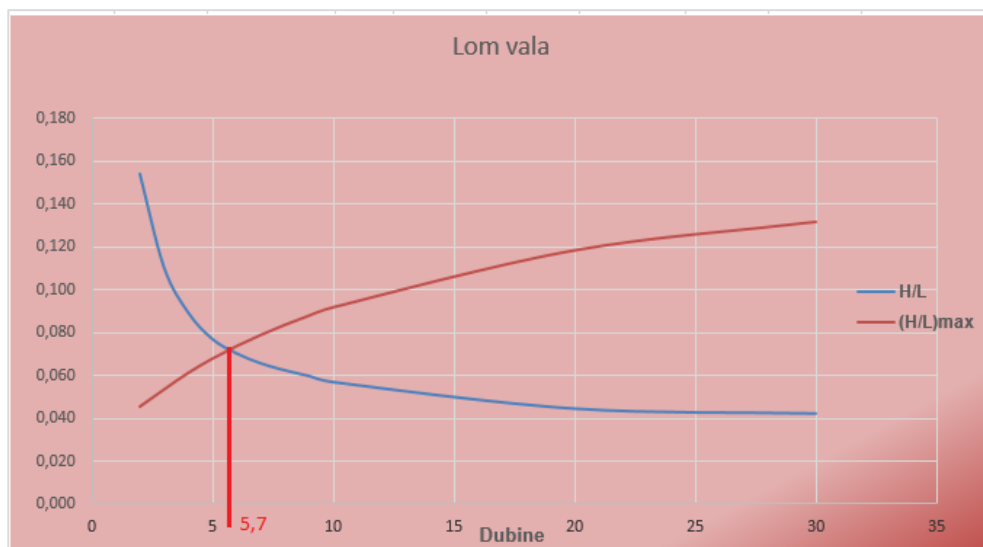
### 3.3. Određivanje mjerodavnog vala za lukobran

Na osnovi analize utjecaja vjetrova na lučicu, zaključak je da je dominantan vjetar lebić, za kojeg je i određen plan refrakcije na zadanoj situaciji. Pretpostavljena je početna širina energetskog spektra od 80 m u dubokom moru.

#### Parametri dubokovodnog vala:

- period vala  $T = 9,08 \text{ s}$
- visina vala  $H_0 = 5,7 \text{ m}$
- duljina vala  $L_0 = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi} = \frac{g \cdot 9,08^2}{2 \cdot \pi} = 128,72 \text{ m}$

Pri prijelazu vala iz dubljeg u pliće more, postupno mu se smanjuje duljina, a povećava visina, dakle strmost se povećava i konačno, val se lomi na određenoj dubini. Približna dubina loma određena je već gore spomenutim proračunom ( Tablica 3.1), međutim za određivanje mjerodavnog vala koji dolazi na lokobran, potrebna nam je točna dubina gdje se val lomi ( Slika 3.3).

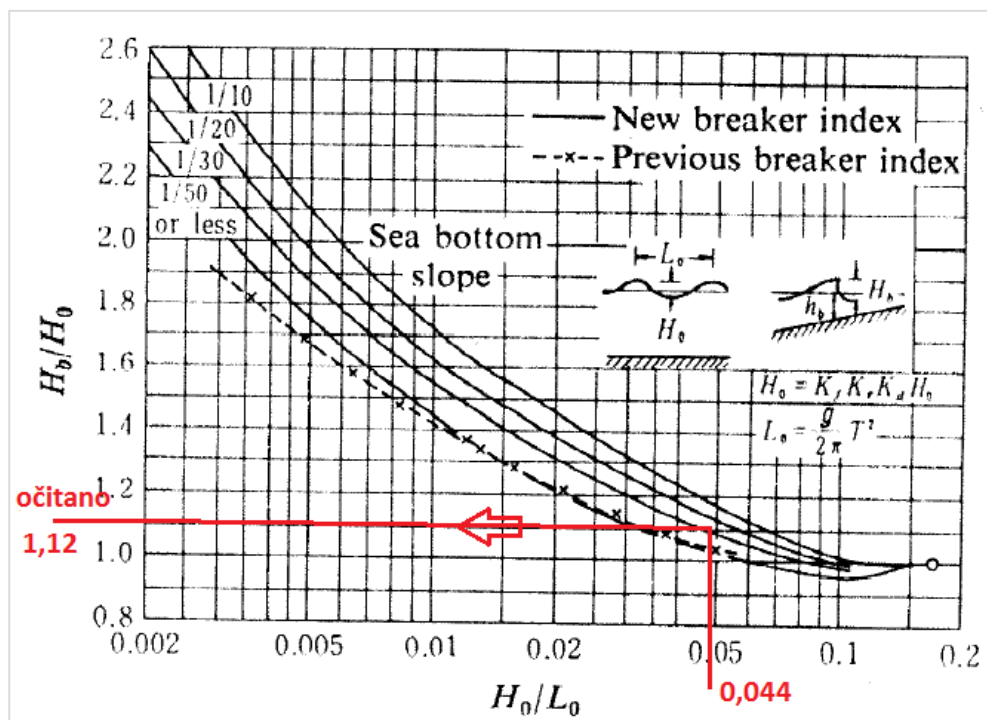


Slika 3.6. Mjesto loma vala

Dijagram nam prikazuje odnos krivulje maksimalne strmosti vala  $(H/L)_{\max}$  i krivulje strmosti vala  $H/L$ , koje se mijenjaju u ovisnosti o dubini. Valovi u plitkom moru reagiraju s dnom što rezultira povećanjem strmosti i lomom vala ako se prekorači  $(H/L)_{\max}$ . Granica prekoračenja je mjesto gdje se sijeku prikazane krivulje i očitana je dubina gdje se val lomi  $d = 5,7 \text{ m}$ .

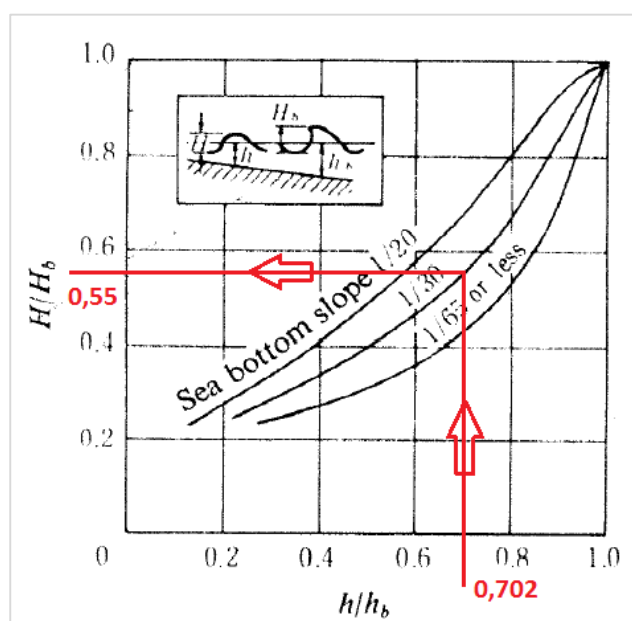
Nakon loma val gubi energiju, odnosno smanjuje mu se visina tijekom širenja. Smanjenje visine slomljenog vala uglavnom ovisi o obliku (nagibu) dna.

Različita su istraživanja provedena, na osnovu kojih su Horikawa i Kuo predstavili dijagram prikazan na slici 3.4 i 3.5, kako bi naglasili utjecaj dna na promjenu visine vala.



Slika 3.7. Visina vala na mjestu loma

Očitano je  $H_b/H_0 = 1,12 \rightarrow$  visina vala na mjestu loma  $H_b = 6,384$  m



Slika 3.8. Promjena visine vala nakon loma

Očitano  $H/H_b = 0,55$

$\rightarrow$  Visina vala neposredno ispred lukobrana  $H_4 = 3,51$  m

## 4. Lukobran tipa zid

Planira se rekonstrukcija već izvedenog lukobrana te dogradnja lukobrana, jer postojeći lukobran ne ispunjava uvjete svoje namjene.

Karakteristike mjerodavnog vala: -  $H = 3,51$  m

-  $L = 128,72$  m

Dubina gdje je smještena konstrukcija iznosi  $d = 4$  m.

Srednja razina mora pri valovanju data je po izrazu od Mische-a:

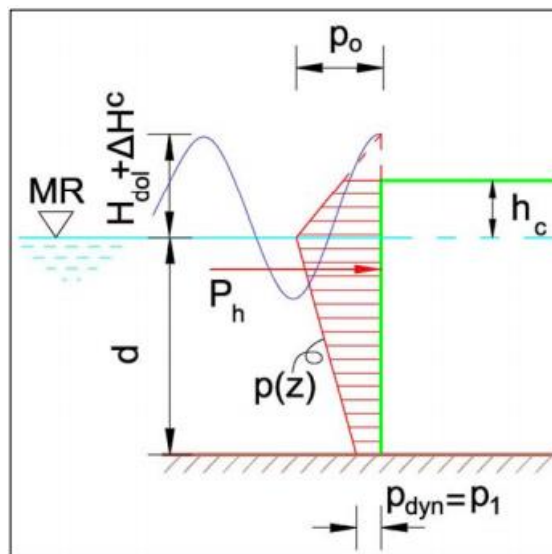
$$\Delta y = \frac{\pi \cdot H^2}{L} \cdot \coth\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot d}{L}\right) \quad (4.1)$$

$$\Delta y = \frac{\pi \cdot 3,51^2}{128,72} \cdot \coth\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 4}{128,72}\right) = 1,56 \quad (4.2)$$

Visina lukobrana:

$$h_{\text{lukobrana}} = d + 1,20 + \Delta y + H = 4 + 1,20 + 1,56 + 0,84 = 7,6 \text{ m}$$

Nije uzeta cijela visina mjerodavnog vala jer dopuštamo preljevanje preko vanjske strane lukobrana. Zbog takve situacije nisu predviđeni vezovi sa unutrašnje strane lukobrana.



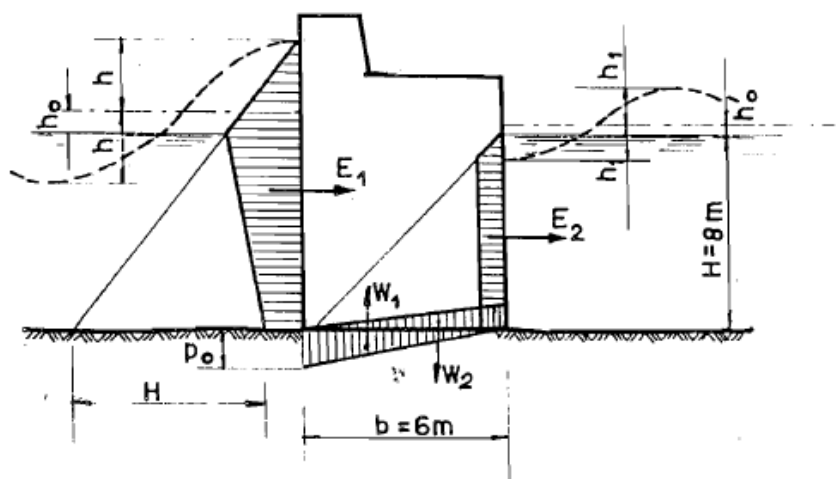
Slika 4.1. Tlak na prelijevani vertikalni zid na primjeru od totalno reflektiranog vala

U slučaju prelijevanja krune zida, dinamički tlak totalno reflektiranog vala proračunava se kao da nema prelijevanja, a sile tlaka računaju se integracijom dijagrama tlaka bez njegovog dijela koji premašuje visinu krune ( Slika 4.1.).

## 4.2. Analiza opterećenja

Zbog valovanja na lukobran djeluje hidrodinamički tlak  $p_0$ :

$$p_0 = \frac{h}{\cosh(\frac{2}{L} \cdot d)} = \frac{3,51}{\cosh(\frac{2}{128,72} \cdot 4)} = 3,44 \text{ m. V. s} \quad (4.3)$$



Slika 4.2. Shema hidrodinamičkog opterećenja

Proračun sila i momenata proveden je prema Sainflou-ovim izrazima.

- Ukupna djelujuća hidrodinamička sila vala s vanjske strane računa se prema izrazu:

$$E_1 = \rho \cdot g \cdot \frac{(H + d + \Delta y) \cdot (d + p_0) - d^2}{2} \quad (4.4)$$

$$E_1 = 1,027 \cdot 9,81 \cdot \frac{(3,51 + 4 + 1,56) \cdot (4 + 3,44) - 4^2 - 2,67^2}{2} = 223,42 \frac{kN}{m'} \quad (4.5)$$



- Ukupna djelujuća hidrodinamička sila vala s unutrašnje strane računa se prema izrazu:

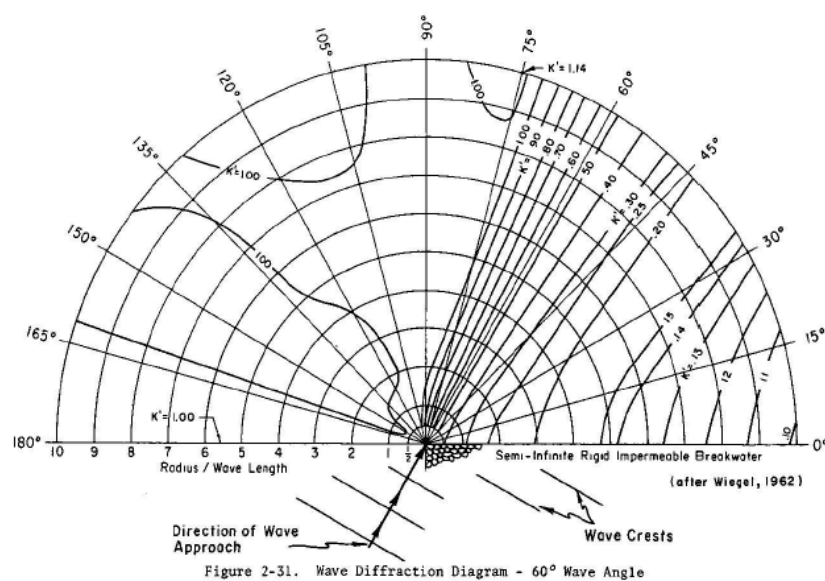
$$E_2 = \rho \cdot g \cdot \frac{d^2 - (d + \Delta y' - H') \cdot (d - p'_0)}{2} \quad (4.6)$$

$$H' = K'_d \cdot H = 0,154 \cdot 3,51 = 0,54 \text{ m} \quad (4.7)$$

$$\Delta y' = 0,0369 \text{ m} ; p'_0 = 0,539 \text{ m.V.s}$$

$$E_2 = 1,027 \cdot 9,81 \cdot \frac{4^2 - (4 + 0,0369 - 0,54) \cdot (4 - 0,539)}{2} = 19,63 \frac{\text{kN}}{\text{m}'} \quad (4.8)$$

- s unutrašnje strane je uzeta reducirana visina vala (uz korekciju i ostalih veličina potrebnih za proračun) sa koeficijentom redukcije vala, za položaj od 40 m udaljenosti od glave lukobrana i 38 m udaljenosti broda od obale, očitano iz dijagrama prikazanog na slici. Kut pod kojim val dolazi na glavu je  $60^\circ$ .



Slika 4.3. Dijagram difrakcije za kut vala -  $60^\circ$

- Momenti od navedenih sila  $E_1$  i  $E_2$  računaju se prema sljedećim izrazima:

$$M_1 = \rho \cdot g \cdot \frac{(H + d + \Delta y)^2 \cdot (d + p_0) - d^3}{2} \quad (4.9)$$

$$M_1 = \rho \cdot g \cdot \frac{(3,51 + 4 + 1,56)^2 \cdot (4 + 3,44) - 4^3}{6} - \rho \cdot g \cdot \frac{2,67^2}{2} \cdot \left( \frac{1}{3} \cdot 2,67 + 0,84 + d + \Delta y \right) = 641,06 \frac{kNm}{m'} \quad (4.10)$$

$$M_2 = \rho \cdot g \cdot \frac{d^3 - (d + \Delta y' - H')^2 \cdot (d - p'_0)}{6} \quad (4.11)$$

$$M_2 = \rho \cdot g \cdot \frac{4^3 - (4 + 0,0369 - 0,54)^2 \cdot (4 - 0,539)}{6} = 36,40 \frac{kNm}{m'} \quad (4.12)$$

- Masa je određena po  $m'$ , tako da su izračunate površine pojedinih polja u poprečnom presjeku za odabrane dimenzije i pomnožene gustoćom betona  $\rho = 2,6 \text{ t/m}^3$ .

$$M = 73,79 \text{ t/m}^3$$

$$G = M \cdot g = 723,86 \frac{kN}{m'}$$

### 4.3.Provjera zida na klizanje

Koeficijent trenja plohe temelja po terenu je  $f = 0,6$

$$\Sigma N \cdot f \geq K \cdot \Sigma H \quad (4.13)$$

gdje je:

N – vertikalne komponente djelujućih sila zida

H – horizontalne sile pritiska tla, vode itd.

f – koeficijent trenja

K – koeficijent sigurnosti koji treba iznositi otprilike 1,5 – 2

$$K \geq \frac{\Sigma N \cdot f}{\Sigma H} = 1,81 > 1,5 \quad (4.14)$$

- zadovoljava

### 4.4.Provjera zida na prevrtanje

$$K_p \geq \frac{\Sigma M_{poz}}{\Sigma M_{neg}} = 3,06 > 1,5 \quad (4.15)$$

- zadovoljava

### 4.5.Provjera naprezanja u tlu

Vlačno naprezanje u tlu je izrazito nepovoljno, te je stoga nužna provjera. Također se provjerava i nosivost u odnosu na dopušteno naprezanje u tlu čvrste stijene.

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{F} \mp \frac{M}{W} \quad (4.16)$$

gdje je:

$F = B \cdot 1 = 6 \text{ m}^2$  - površina baze zida, profila na koji djeluju naprezanja

$W = B^2 \cdot \frac{1}{6} = 6 \text{ m}^3$  - moment otpora presjeka

$$\sigma_1 = 233,55 \text{ kN/m}^2, \sigma_2 = 7,73 \text{ kN/m}^2$$

Naprezanja u tlu zadovoljavaju, manja su od dopuštenih.

Budući da su oba naprezanja veća od nule tj. tlačna, nije potrebno reducirati stopu temelja.

## 5. Dimenzioniranje školjere

### 5.1. Težina obložnih blokova

Težina obložnih blokova ovisi o hidrodinamičkom opterećenju valova na konstrukciju i karakteristikama konstrukcije.

Izraz korišten za proračun težine blokova je Hudson-ova formula:

$$W = \frac{\rho_k \cdot g \cdot H^3}{K_s \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_m} - 1\right)^3} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (5.1)$$

W – težina bloka [N]

$\rho_k = 2650 \text{ kg/m}^3$ , specifična masa kamenog bloka

$\rho_m = 1026 \text{ kg/m}^3$ , specifična masa mora

$\alpha$  – nagib pokosa

H = 3.51 m, visina vala

$K_s = 2.6$  – eksperimentalni koeficijent stabiliteta

$g = 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]}$

$$W = \frac{2650 \cdot 9.81 \cdot 3.51^3}{2.6 \cdot \left(\frac{2650}{1026} - 1\right)^3} \cdot 0.5 = 54515.11 \text{ N} \quad (5.2)$$

$$M = \frac{W}{g} = \frac{54515.11}{9.81} = 5557.1 \text{ kg} \quad (5.2)$$

$$V = \frac{M}{\rho_k} = \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \pi \rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot M}{4 \cdot \pi \cdot \rho_k}} \text{ - radijus kamenog bloka}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 5557.1}{4 \cdot \pi \cdot 2650}} = 0.794 \text{ m} \quad (5.3)$$

Težina blokova primarne obloge – W

Prema izračunatoj veličini W određuju se težine kamenog materijala za izradu ostalih slojeva školjere lukobrana.

Tablica 5.1. Masa i promjer blokova za pojedini sloj školjere

SLOJ	MASA BLOKA (kg)	PROMJER BLOKA (m)
A	5557.1	1.59
B	555.71	0.74
C	277.86	0.58

Primarna obloga A ima funkciju zaštite sitnijih unutarnjih slojeva od hidrodinamičkog djelovanja valova. Izvodi se od velikih kamenih blokova postavljenih na pokos. Kameni blokovi trebaju biti čvrsti, kompaktni i međusobno dobro uklješteni. Također je vrlo važna šupljikavost među blokovima kako bi kod djelovanja valova što više vode moglo ući u šupljine i na taj način izgubiti valnu energiju.

Slojevi B i C su filterski slojevi koji se nalaze između primarne obloge i samog lukobrana. Za filter se upotrebljava kameni materijal.

## 5.2. Debljina slojeva

Minimalna debljina slojeva školjere dobiva se slaganjem najmanje dva bloka u sloju ( $n \geq 2$ ), a proračunava se kao:

$$t_s = n \cdot \sqrt[3]{W / (\rho_k \cdot g)} \quad (5.4)$$

$n = 2$  bloka u sloju

Tablica 5.2. Debljina slojeva školjere

debljina slojeva [m]	
A	2,56
B	1,19

U PRILOGU 6. prikazano je grafičko rješenje lukobrana tipa zid i školjere.

## 6. Dimenzioniranje plaže

### 6.1. Odabir krupnoće zrna za plažu

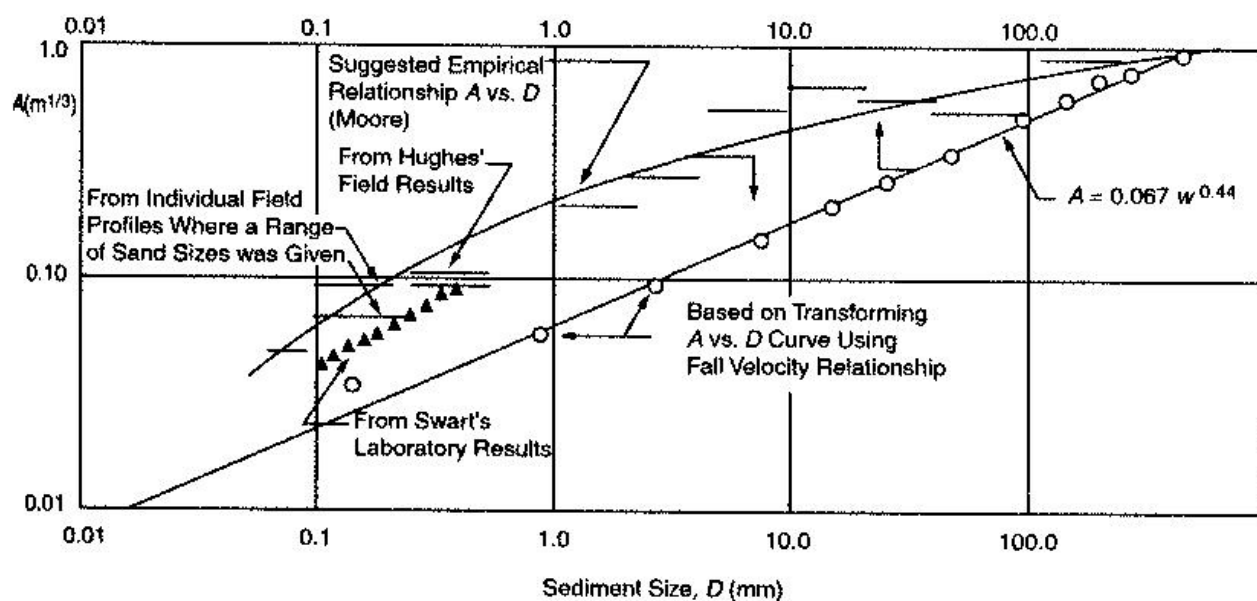
Mnogi istraživači su mjerili oblik lica plaže ovisno o krupnoći i ostalim parametrima žala, te predlažu slijedeću empirijski dobivenu formulu:

$$z = A \cdot y^m \quad (6.1)$$

gdje su  $A$  i  $m$  koeficijenti dobiveni eksperimentalno,  $m=2/3$ , a parametar  $A$  se očitava iz Dean-ovog dijagrama (Slika 6.2.).



Slika 6.1. Općeniti prikaz lica plaže



Slika 6.2. Dean-ov dijagram

Odabran je promjer zrna 10 mm, nagib plaže je blag.

U tablici 6.1. prikazan je odnos dubine mora ( $z$ ) i udaljenosti od obale ( $y$ ) u ovisnosti o parametru  $A$  koji je očitao iz Dean-ovog dijagrama (slika 6.2.), a za promjer zrna od 10 mm iznosi 0.43.

U PRILOGU 7. prikazani su karakteristični uzdužni presjeci.

Tablica 6.1. Odnos dubine mora ( $z$ ) i udaljenosti od obale ( $y$ )

	d(50) = 10 mm A = 0,43
udaljenost od obale - $y$ (m)	dubina mora - $Z$ (m)
0.10	0,093
0.50	0,271
1.00	0,43
2.00	0,683
3.00	0,894
4.00	1,084
5.00	1,257
6.00	1,420
7.00	1,574
8.00	1,720
9.00	1,861
10.00	1,996
12.00	2,254
14.00	2,498
16.00	2,730
18.00	2,953
20.00	3,168

## 7. Tehnički opis

### 7.1. Opis lokacije i postojećeg stanja

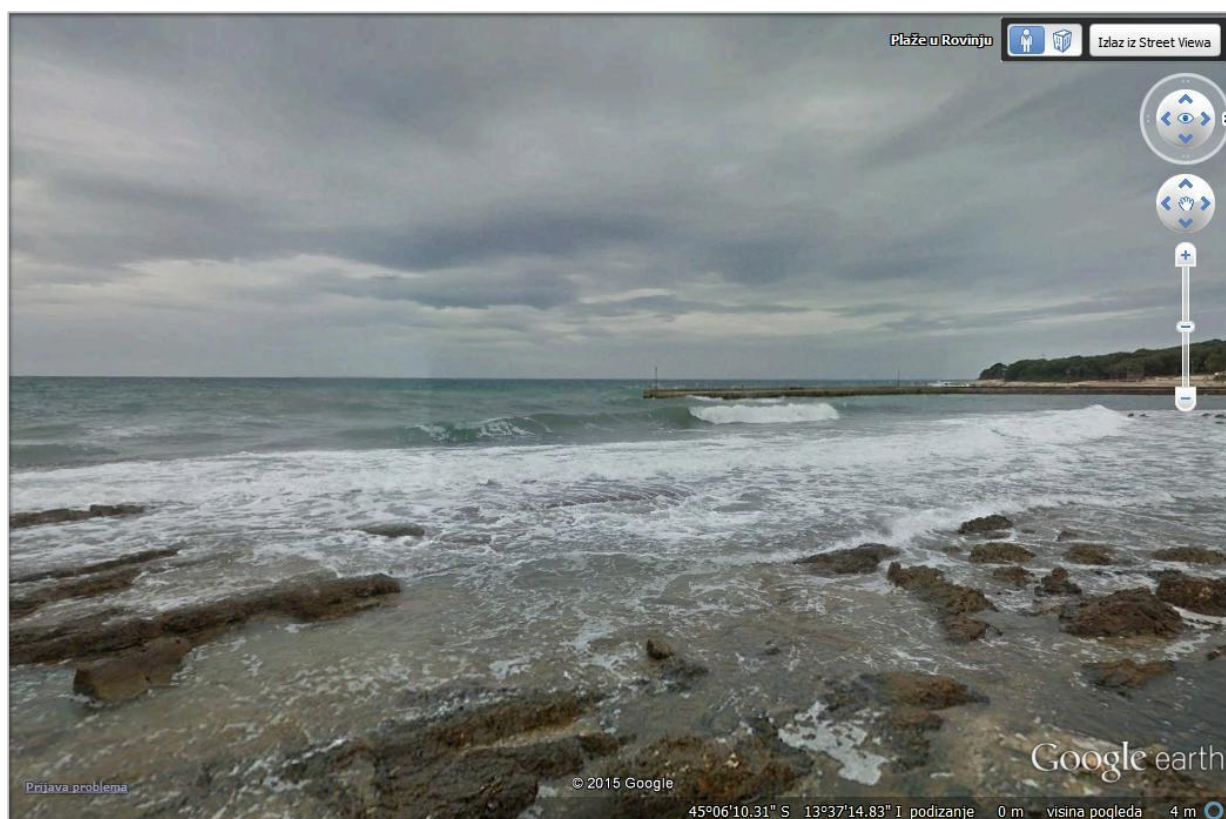
Predmetna lokacija lučice otvorene za javni promet Valdaliso i istoimene plaže, nalazi se na zapadnoj strani zelenog poluotoka grada Rovinja (slika 4.1). Okružena je zelenilom i hladom borova i može se pohvaliti predivnim pogledom na starogradsku jezgru Rovinja. Proteže se između naselja Borik na jugu, preko rta Barabiga, sve do kampa Amarin na sjevernoj strani. Pristup plaži Valdaliso moguć je s morske strane ili preko recepcije istoimenog kampa i hotelskog naselja. Njezin krajnji južni i sjeverni dio prekriveni su uglavnom šljunkom i oblucima. Zahvaljujući malom molu, omogućen je i pristup brodicama, a s istog mjesta polaze brojne izletničke linije te redovna linija koja povezuje kamp s centrom grada (Rovinj – Valdaliso – Amarin).

Lučica Valdaliso smjestila se između istoimene plaže i kampa Amarin sa sjeverne strane. Na temelju provedene prognoze valova uočeni su određeni problemi koji ne dopuštaju privez brodova tijekom cijele godine zbog velikih valova koji ulaze u lučicu. Uočena je koncentracija valova na obali unutar lučice, tj. na postojećim vezovima. Na tim mjestima moguća je pojava vala visine 3.51 m, te je potrebna zaštita kako bi se zaštitila namjena lučice.

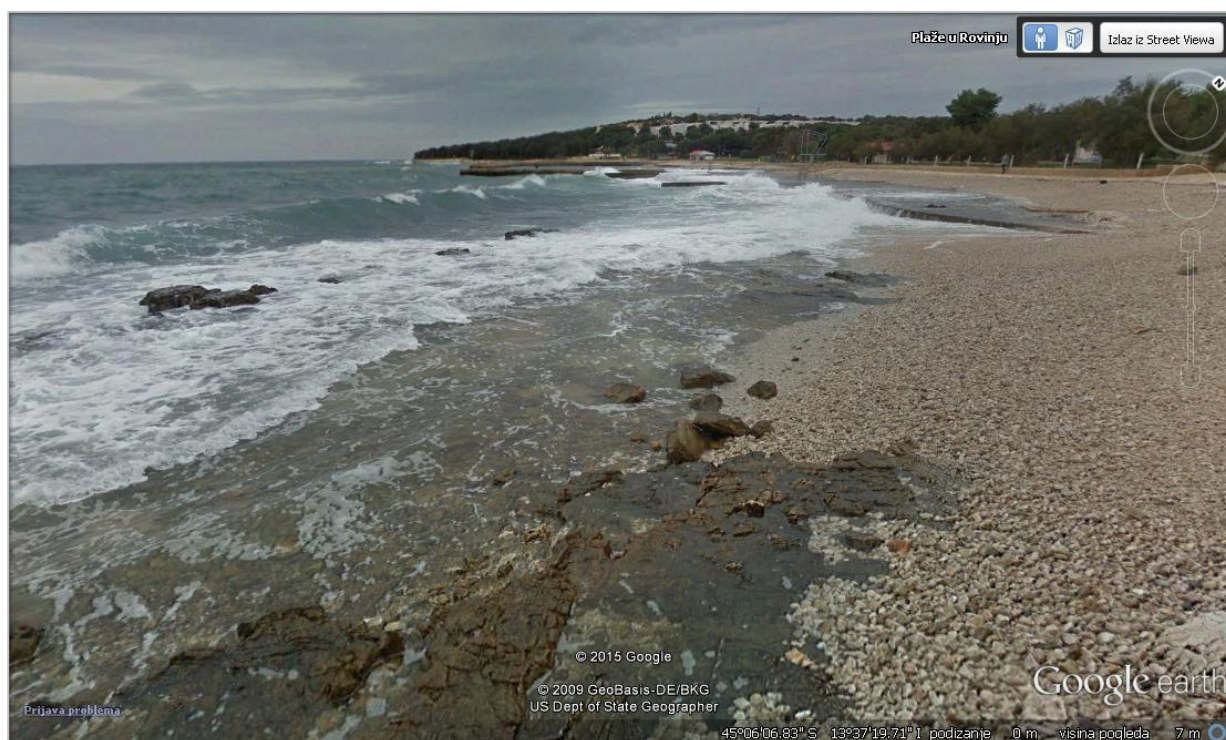


Slika 7.1. Ortofoto snimka postojećeg stanja  
([www.earth.google.com](http://www.earth.google.com))

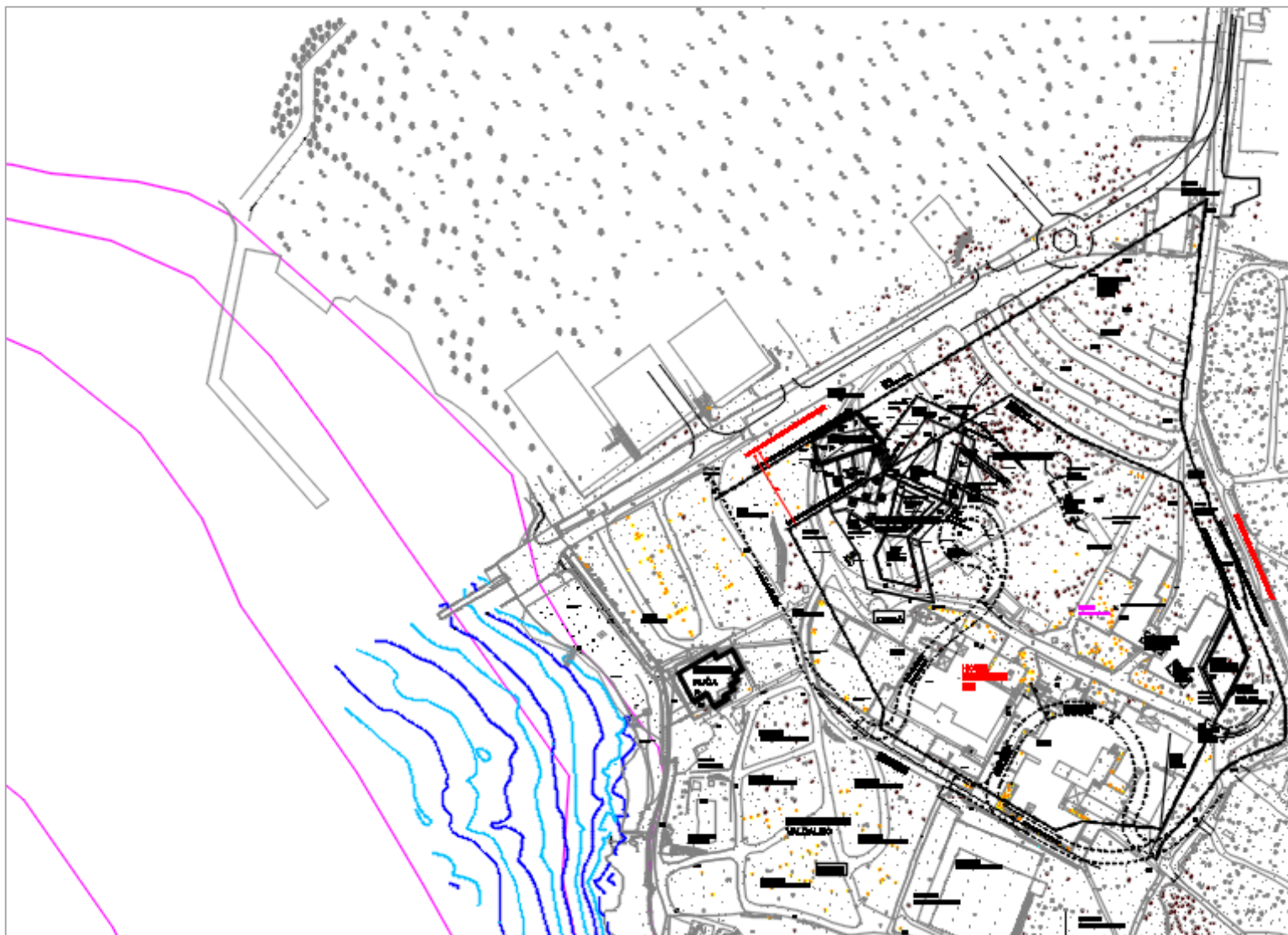




Slika 7.2. Prikaz trenutnog stanja lučice Valdalis  
([www.earth.google.com](http://www.earth.google.com))



Slika 7.3. Prikaz trenutnog stanja plaže Valdalis  
([www.earth.google.com](http://www.earth.google.com))



Slika 7.4. Situacija postojećeg stanja lučice i plaže Valdaliso



Rekonstrukcijom i dogradnjom lukobrana iz ovog idejnog rjesenja, spomenuti problemi bi se potpuno uklonili. Idejno rješenje preuređenja lučice sastoji se od rekonstrukcije i dogradnje postojećeg lukobrana te proširenje obalnog zida sa izgradnjom dva gata, što bi povećalo kapacitet lučice. Rekonstrukcijom i dogradnjom lukobrana ne bi se samo dobila zaštita obale i plaže, ujedno bi se dobilo i vrijedno područje za smještaj plovila za rekreaciju, privez manjih brodica i pristajanje turističkih linija. Zbog pozicije na kojoj se lukobran nalazi, tj. male dubine mora, te zbog svoga oblika i veličine omogućio bi privez velikom broju brodova do III kategorije, dok se veći brodovi i jahte mogu privezati u već postojećim susjednim marinama. Problem za brodove veće kategorije bio bi riješen iskopom dna što nije zamišljeno ovim idejnim rješenjem zbog opsežnosti problema i veće vrijednosti investicije.



*Slika 7.5. Motorna brodica*  
([www.rovinj.org](http://www.rovinj.org))

## 7.2. Opis rješenja i radova

### 7.2.1. Općenito

Uređenje plaže Valdaliso vodi se idejom već uređene plaže Monte Mulini. To je plaža s vrlo pristupačnom obalom koja se nadovezuje na gradsku marinu, južno od starogradske jezgre. Plaža je u potpunosti preuređena 2014., s modernim terasastim površinama prekrivenima bijelim betonom, u kombinaciji s prirodnim stijenama. Arhitektura eksterijera čitavog područja vrlo je pažljivo osmišljena, s dozom ekskluzivnosti. Zahvaljujući prostranim ravnim plohama, plaža Monte Mulini idealna je za uživanje u sunčevim zrakama i morskim radostima. Dio plaže prekriven je šljunkom, što ulazak u more znatno olakšava.



*Slika 7.6. Projektirano stanje - Monte Mulini*



*Slika 7.7. Projektirano stanje - plaža Monte mulini*

Usprkos velikoj frekvenciji pronalaženja plaže Valdaliso, naročito u ljetnim mjesecima, potez danas odaje dojam prilično zapuštenog i oronulog ambijenta. Uređenje zone za grad Rovinj značit će povećanje urbane kvalitete poteza gradske šetnjice, a ciljano – u najužoj zoni interesa – doprinijeti ponudi samog hotela Valdaliso, a indirektno i ostalih hotela u istoimenoj zoni. Primarni razlog uređenja (kupanje i sunčanje) nadopunjava se ovim projektom sadržajima i tehnologijom koja omogućava ugodan boravak i uživanje u komplementarnoj ponudi i servisu. Postojeća vegetacija i svi prirodni detalji poslužili su kao inspiracija za novouređeni okoliš, koncept oblikovanja zelenih površina temeljen je na poštovanju sveg zatečenog zelenog fundusa nadopunjenog istim ili srodnim biljnim elementima.

Ovisno o karakteru obalne zone i pripadajućih objekata, zona plaže uz šetnjicu podijeljena je u 2 oblikovne i ambijentalne zone.

1.zona odnosi se na uski pojas između šetnjice i mora, od lukobrana lučice do postojeće šljunčane plaže. Umjesto postojeće stjenovite obale zapunjene ostacima derutnih betonskih i kamenom popločanih platformi u prirodne stijene, umetnut je novi, izlomljeni krajolik – betonske terase izrazito urbanog ambijenta, stepenasto denivelirane prema moru. Obzirom na javni karakter cijeline urbana oprema se svodi na drvene klupe u sklopu šetnjice, demontažne kabine, te tuševe u kontaktnoj zoni s morem.

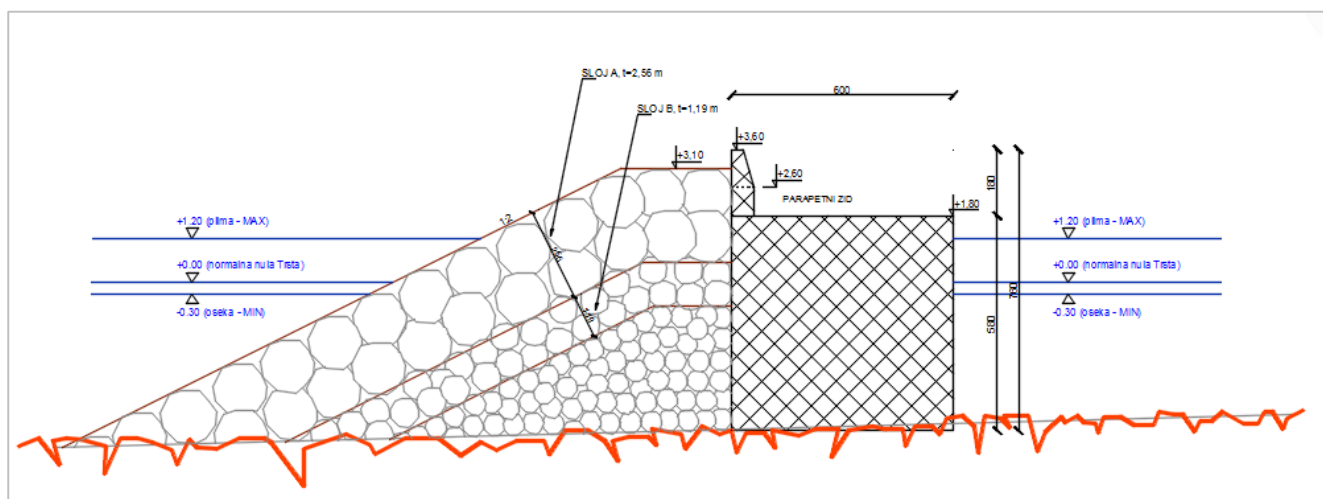
2.zona odnosi se na uski pojas između šetnjice i mora, od već postojećeg platoa do mola nakon kojeg slijedi stjenovita obala južnog dijela zelenog poluotoka. Umjesto postojeće zapuštene plaže, planiran je dio obalnog pojasa prekriven šljunkom, sa raznim sadržajima, te je omogućen olakšan ulaz u more, što je izrazito pogodno za obitelji sa djecom.

Idejnim rješenjem uređenja obalnog pojasa lučice Valdaliso predviđeno je uređenje postojeće obale u cilju razvoja funkcija lučko – pomorskih aktivnosti te izletničkih i sportsko-ribolovnih aktivnosti.

Predlaže se rekonstrukcija i dogradnja postojećeg lukobrana te proširenje obalnog zida sa izgradnjom dva pontonska gata, što bi povećalo kapacitet lučice. U prilogu 1., na slici 5.8. i 5.9. prikazana je SITUACIJA IDEJNOG RJEŠENJA.

Postojeći lukobran svojom duljinom i geometrijom ne zadovoljava tražene uvjete lučice. Elementi lukobrana tipa zid proračunati su za val povratnog perioda 50 godina. Proračunska situacija koja je obrađena uključuje pojavu stojnog vala ispred i iza lukobrana uzimajući u obzir smanjenje visine vala s unutrašnje strane lukobrana.

Najnepovoljnije opterećenje koje može djelovati je u slučaju pojave brijega ispred i dola iza lukobrana, te su na to stanje dimenzinirani elementi lukobrana. S obzirom da je već postojeći lukobran izveden klasičnim nalijevanjem, dogradnja lukobrana od ~ 56 m izvodi se na isti način uz rekonstrukciju parapetnog zida za koji se predlaže povećanje visine za 1m sa dopuštenim prelijevanjem zbog čega nije omogućeno vezivanje brodova s unutrašnje strane. Geometrijom predloženog lukobrana spriječio bi se ulaz velikih valova dobivenih na temelju provedene analize. Također se na južnoj strani te na glavi lukobrana predlaže izvedba školjere izvedene od kamenih blokova učvršćenih betonom, čija uloga je smanjenje valova koja se ugibaju iza čela lukobrana. U PRILOGU 6. prikazan je POPREČNI PRESJEK LUKOBRANA.



Slika 7.8. Poprečni presjek lukobrana

Uređenjem i proširenjem obalnog zida omogućila bi se izvedba pontonskih gatova i povećanje kapaciteta lučice koja bi prema idejnom rješenju mogla primiti do 78 plovila do III kategorije, odnosno za veličinu plovila do 9,5 m. Dubina mora u lučici varira od 1 m do 4.0 m, a pravilnim rasporedom pojedinih kategorija brodova izbjegnuta je potreba za produbljivanjem dna u lučici. Detaljnija razrada teme organizacije gatova opisana je u poglavlju 5.2.2.

Tijekom projektiranja vođeno je računa o cirkulaciji mora kroz marinu te je stoga ostavljen propust na južnoj strani u širini od 27 m, što ga čini relativno dobrim rješenjem za omogućavanje strujanja mora i dovoljno širokim za nesmetan i siguran ulaz brodice.

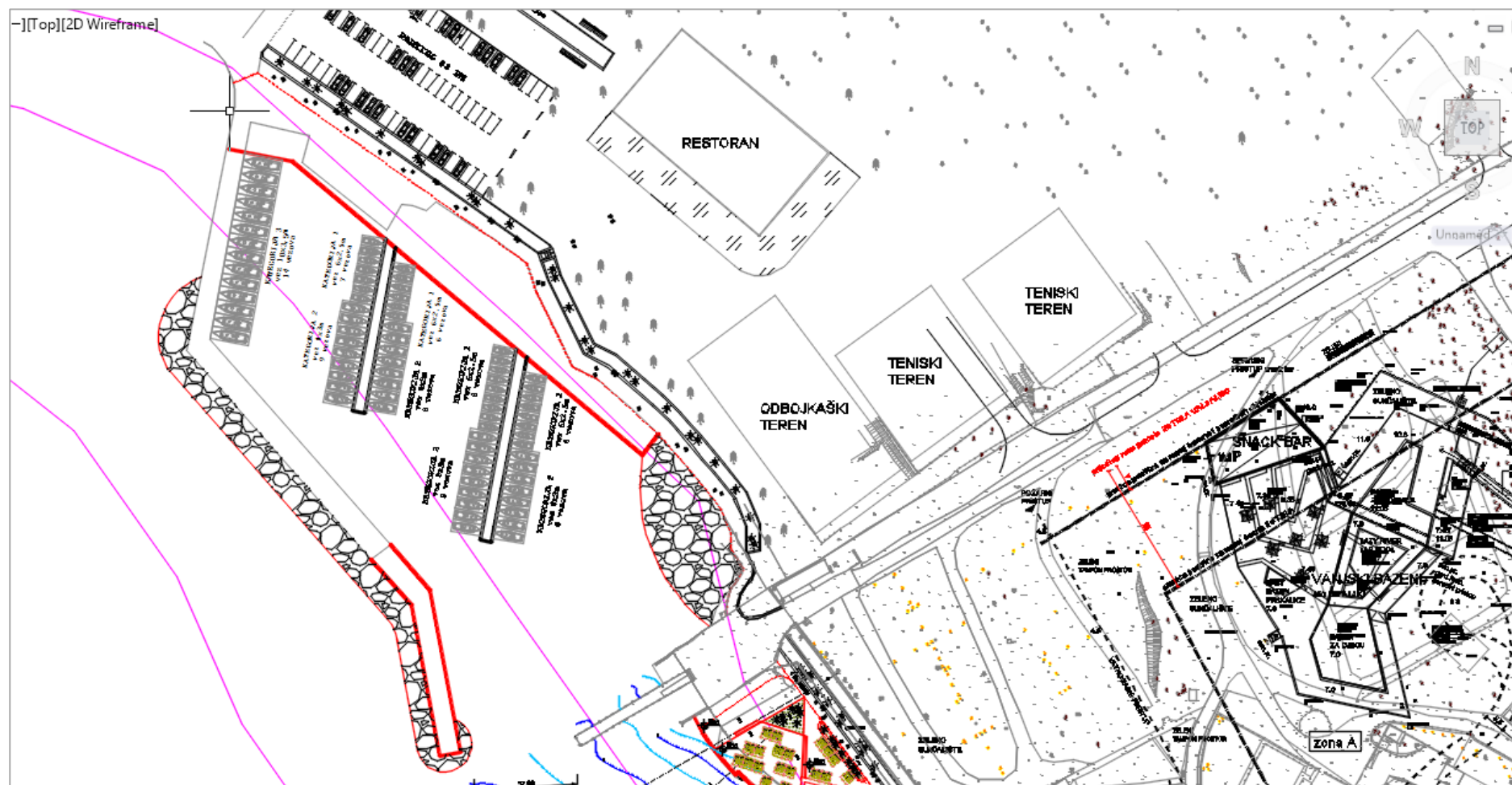
Planirano je i uređenje zaobalnog lučkog prostora, koji je šetnjicom i zelenim pojasom odvojen od akvatorija lučice. Predlaže se izgradnja raznih zabavnih, sportskih i rekreacijskih sadržaja: ugostiteljskih objekata, sportsko-rekreacijskih grupa s bazenima, teniskim terenima i dječjim igralištima, upravnih i servisnih zgrada, te prometnih površina s parkiralištima.

Prostor lučice završava već postojećim gatom koji bi se namjenio za prihvat plovila ronioca i taxi plovila za povezanost sa starogradskom jezgrom Rovinja, a od kojeg (gata) se prema izlaznom dijelu uvale uređuje obala za kupališne aktivnosti.



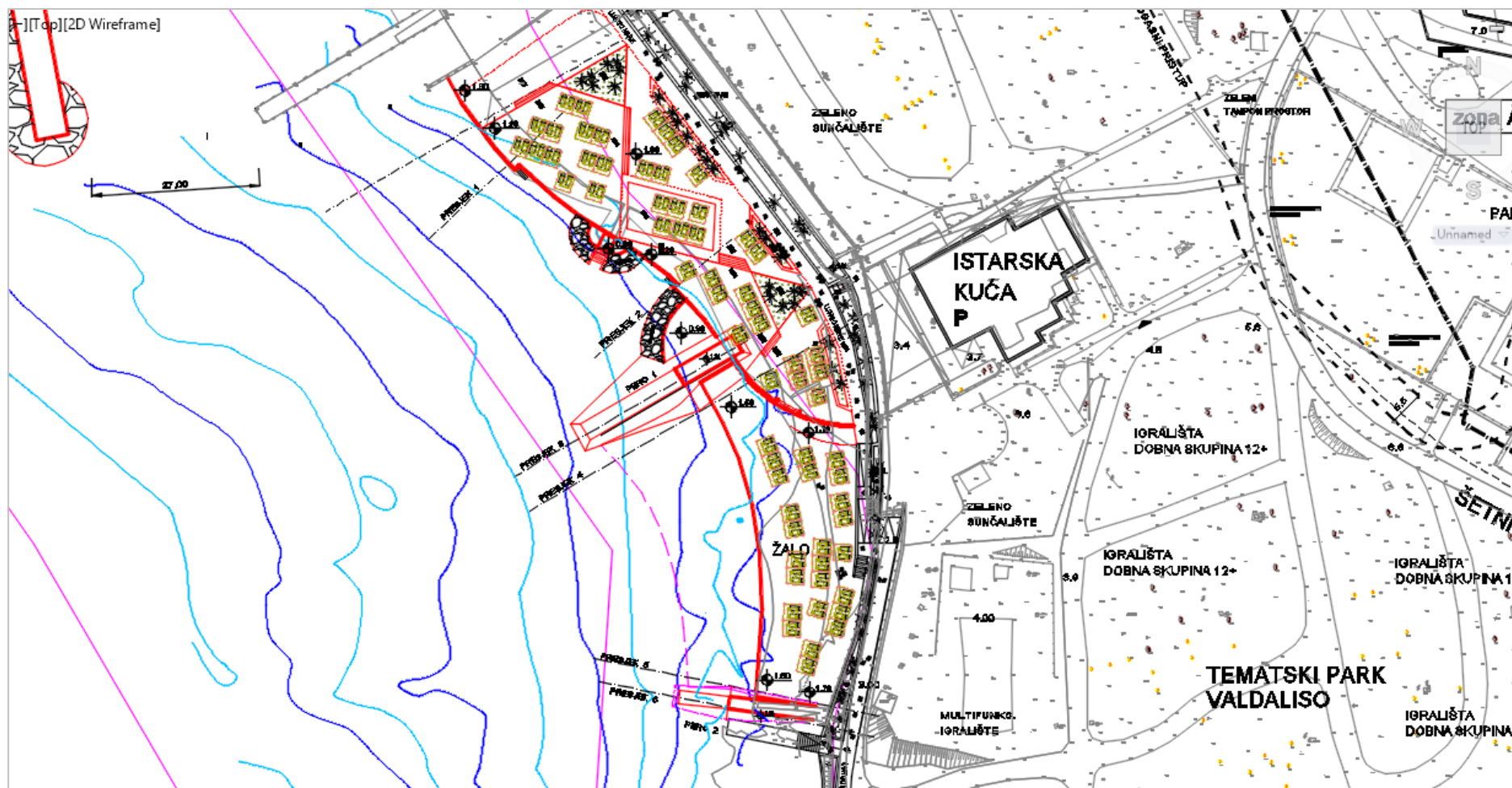
*Slika 7.9. Gat za namjenu taxi plovila  
([www.maistra.com](http://www.maistra.com))*





Slika 7.10. Prikaz planirane rekonstrukcije i dogradnje lukobrana





Slika 7.11. Prikaz uređenja plaže Valdalisovska

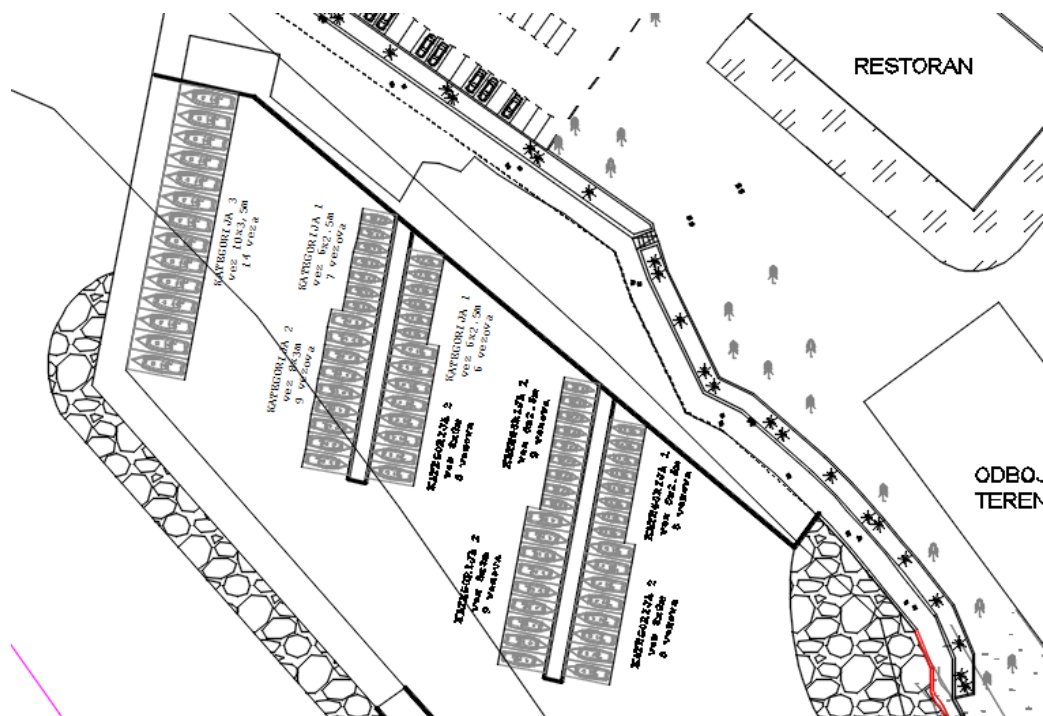
### 7.2.2. Organizacija gatova

U sklopu razrade idejnog rješenja, analizirana je mogućnost prihvata maksimalnog broja plovila u definirani akvatorij lučice. Za provedbu takve mogućnosti potrebna je izgradnja dva pontonska gata dužine 45 i 50 m, a organizacijom akvatorija omogućio se prihvata do 78 plovila. Brodovi su privezani pramcem uz gat, a krmom za plutaču koja je pričvršćena za "kolpo morto". Gat je formiran od standardnih pontona, klasično usidren s omogućenim ograničenim pomacima u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini. Za masivnu obalnu konstrukciju su privezani križnom lančanom vezom s umetnutom oprugom na način koji onemogućuje veće pomake gata.

U tablici 5.1. date su određene duljine gatova, a grafički prikaz se vidi na slici 5.7.

Tablica 7.1. Duljine projektiranih gatova

GAT	DUŽINA GATA (m)
I	45
II	50



Slika 7.12. Raspored gatova u lučici

### 7.2.3. Sidreni sustav plovila i pontonskih gatova unutar lučice

#### 7.2.3.1. Uvod

Predviđeni su drveni pontoni na betonskim plovcima koji su čvrsti, imaju dug vijek trajanja, ne zahtijevaju značajno održavanje i imaju povoljnu nabavnu cijenu. Konstrukcija pontona se sastoji od drvenog okvira kojim su povezani betonski uzgonski elementi. Tip rješenja koji se predlaže su lančаницe kojima bi se gatovi vezali za sidrene blokove koji ujedno služe i kao sidreni sustav plovila.

Definirano je da će se svi brodovi vezati pramcem za gat (lukobran, obalu), a krmom se veže na plutaču koja je potom vezana lančanicom na pridneni lanac sidrenog sustava.

Za potrebe glavnog projekta izgradnje, potrebno je dimenzionirati sidreni sustav planiranih drvenih plutajućih gatova, te sidreni sustav za vezivanje brodova u akvatoriju lučice. Diplomskim radom nije predviđen ovaj proračun, međutim u nastavku je na primjeru projekta sportske lučice Podstrana, prikazan način na koji bi se spomenuto dimenzioniranje izvršilo.

Vrši se proračun sila od vjetra, a sile od valova se zanemaruju, budući da je akvatorij lučice najvećim dijelom zaštićen lukobranom. Izračunavaju se karakteristične sile za vez broda kojeg treba preuzeti sustav sidrenja istih, te posebno sile koje treba preuzeti gat, odnosno sidreni sustav gata. Vrši se izračun za integrirani sustav sidrenja u kojem se na isti niz sidrenih blokova lancima vežu plutajući gatovi, kao i sami brodovi preko pridnenih lanaca, te se prilažu prikazi i vrijednosti sila u lančanicama kao i reakcije na sidrenom bloku odnosno gatu.

#### 7.2.3.2. Proračun sidrenog sustava unutar lučice

### 2. Analiza opterećenja

S obzirom da je akvatorij planirane sportske lučice Podstrana, a time i sama plovila i gatovi zaštićeni sustavom lukobrana, sile opterećenja plovila za potrebe dimenzioniranja sidrenog sustava će biti generirane isključivo vjetrom.

Sile na plovila unutar lučice odredit će se prema etalon brodu motornog tipa, dimenzija 12[m] x [3,3] m, s visinom nadgrađa od 3 [m]. Brod ima položaj kako je to skicirano na situaciji unutar glavnog projekta.

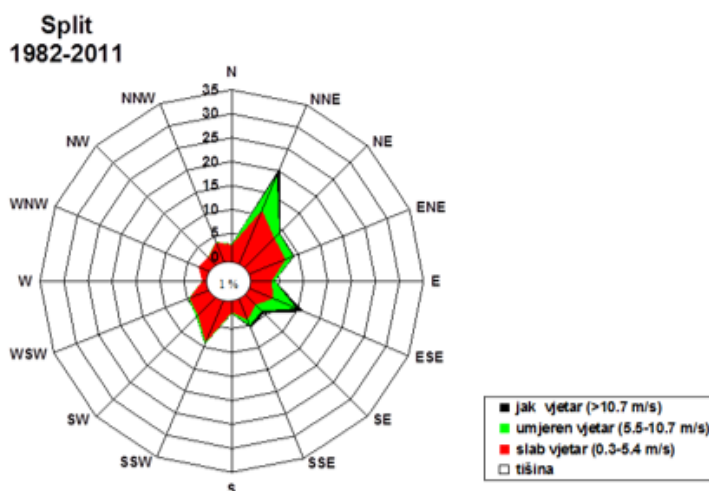
#### 2.1. Vjetar

Georeferentni položaj lučice (Slika 1) ukazuje na to da stvarno opterećenje nastaje samo od dva dominantna smjera vjetra NNE (burin) i ESE (jugo levante) kako se to može i vidjeti na Slici 2. Prema elaboratu vjetrovalne klime je i pokazano da su to dva najučestalija vjetra koji su se za zadani period mjerenih podataka, od 1982.-2011., u godini javljali u 21% slučajeva za NNE smjer i 11.3% slučajeva za ESE smjer.

Slika 1. Položaj projektirane sportske lučice Podstrana

S priložene ruže vjetrova (Slika 2.) očitane su vrijednosti dominantnih vjetrova za koje će se odrediti sile na plovila.

Za NNE smjer je očitana vrijednost od 20 [m/s] što odgovara 9Bf ili opisno razina oluje, dok je za smjer ESE očitano 11[m/s] što odgovara 6 Bf ili opisno razina jakog vjetra.

Slika 2. Godišnja ruža vjetra za Split u periodu 1982. do 2011

Vrijednosti brzina prikazanih ružom (ili tablicom učestalosti u sklopu elaborata vjetrovalne klime) predstavljaju srednje vrijednosti brzine vjetra u vremenu od 10[min], mjereno na 10[m] iznad tla. U analizi utjecaja često se promatraju i udari vjetra koji su definirani kao srednja brzina vjetra u trajanju od 10s.

Odnos između udara vjetra i brzine vjetra definira faktor mahovitosti koji se određuje prema preporuci Hrvatskog registra brodova u iznosu  $f_{mahovitosti} = 1.7$  za plovila. Zadane veličine prikazane su u Tablici 1.

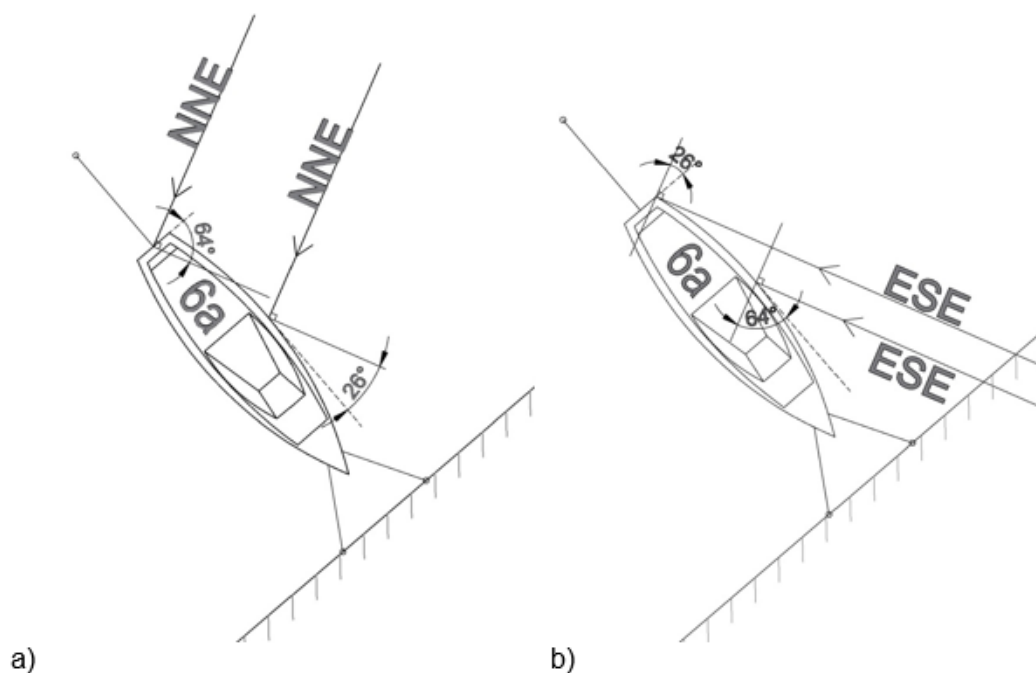
Tablica 1. Značajke vjetra na visini 10 [m] iznad tla

Smjer vjetra	Brzina vjetra [m/s]	Udar vjetra [m/s]
NNE	20	34
ESE	11	18.7

## 2.2. Sile na plovilo

U tehničkom opisu idejnog projekta je definirano da će se svi brodovi vezati pramcem za gat (lukobran, obalu), pa je u skladu s time dan prikaz izračuna sile od vjetra poprečno na brod i u uzdužnom smjeru broda za smjer NNE na Slici 3., te za smjer ESE na Slici 4.

Kod proračuna sile vjetra potrebno je uzeti u obzir i promjenu brzine vjetra s visinom. Najpoznatiji bezdimenzionalni koeficijenti promjene brzine vjetra i specifičnog pritiska vjetra s visinom dobiveni su istraživanjima Schoeneicha (izraz (1)).

Slika 3. Shema projekcija sile iz smjera NNE (a) i iz smjera ESE (b) u odnosu na položaj broda



Brzina vjetra koja stvara opterećenja na nadvođe broda uzima se na polovici visine nadvođa broda, dakle 1.5 [m] iznad razine mora(tla). Koristi se Schneichow numerički vertikalni profil brzine vjetra, koji u logaritamskoj ili eksponencijalnoj formi glasi:

$$v_z = v_{z=10m} \cdot \frac{\ln \left[ \frac{z}{z_0} \right]}{\ln \left[ \frac{10}{z} \right]} = v_{z=10m} \cdot \left[ \frac{z}{10} \right]^{0.1} \quad (1)$$

gdje je:

- $z$  – visina iznad tla (mora) na kojoj se traži brzina vjetra [m]
- $z_0$  – parametar hrapavosti za površinu uz koju struji vjetar [m]
- $v_z$  – srednja brzina vjetra na visini  $z$ [m] iznad mora [m/s]
- $v_{z=10m}$  – srednja brzina vjetra na visini [10 m] iznad mora [m/s]

Brzine vjetra za smjer NNE i ESE na visini od 1.5 [m] prema izrazu (1) prikazane su u Tablici 2. Navedene brzine vjetra korištene su za određivanje tlaka, odnosno sile koju vjetar stvara na plovilo koristeći izraz:

$$F = A \cdot p = \frac{1}{2} \cdot \rho_{zraka} \cdot C_d \cdot A \cdot v^2 \quad (2)$$

gdje je:

- $p$  – aerodinamički tlak [N/m<sup>2</sup>]
- $A$  – površina na koju djeluje vjetar okomito [m<sup>2</sup>]
- $\rho_{zraka} = 1.225$  – gustoća zraka kao njena srednja vrijednost na razini mora u normalnim meteorološkim uvjetima (tlak zraka od 1013 kPa, temperatura zraka 15°) [kg/m<sup>3</sup>]
- $C_d$  – aerodinamički koeficijent otpora izložene površine ovisan o obliku iste i njenom kutu u odnosu na glavni smjer vjetra
- $v$  – prosječna brzina vjetra [m/s]

Tablica 2. Značajke vjetra na visini 1.5 [m] iznad tla

Smjer vjetra	Brzina vjetra [m/s]
NNE	16.5
ESE	9.1

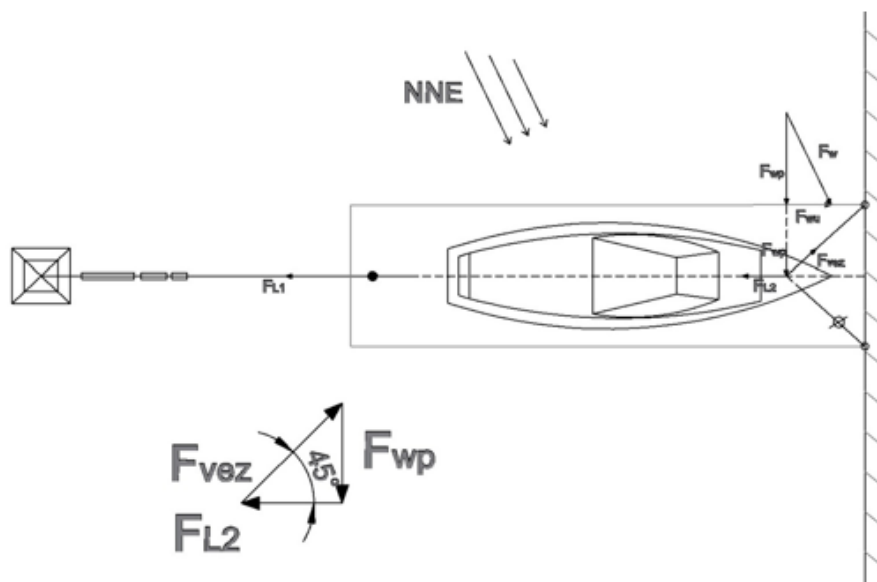
Za oba smjera su izračunate poprečne i uzdužne sile na etalonski brod s tim da je uzeta u obzir zaštićenost broda lukobranima od vjetra iz ESE smjera, a također je i reducirana puna visina nadvođa za smjer NNE zbog kopnenih prepreka. Koeficijent otpora je uzet u vrijednosti od  $C_d=1.0$ , a sve su površine određene kao projekcije u smjeru okomitom na glavni smjer vjetra (Slika 3 a) i b)).

Tablica 3. Poprečne i uzdužne sile na brod

Smjer vjetra:	Projicirana površina broda poprečno [m <sup>2</sup> ]	Projicirana površina broda uzdužno [m <sup>2</sup> ]	$F_{wp}$ [kN]	$F_{wu}$ [kN]
NNE	16.2	2.175	2.7	0.36
ESE	6.31	2.97	0.32	0.15

### 2.3. Shema opterećenja od plovila

Plovilo se, kako je već definirano, veže pramcem na gat, a krmom se veže na plutaču koja je potom vezana lančanicom na pridneni lanac sidrenog sustava. Shema sila od vjetra iz smjera NNE koje djeluju od broda na lančanicu i na vez su prikazane na Slici 4. Isto vrijedi i za smjer ESE.



Slika 4. *Shema sila od plovila*

Gdje se sila reakcije (sila kojom lančanica povlači plovilo) u lančanici kojom se plovilo veže za pridneni lanac dobije tako da se zbroji uzdužna komponenta vjetra ( $F_{L1}=F_{wu}$ ) i uzdužna komponenta ( $F_{L2}$ ) poprečne sile vjetra ( $F_{wp}$ ) nakon što se zatvorio trokut sila sa silom veza ( $F_{vez}$ ):

$$F_L = F_{L1} + F_{L2} = F_{wu} + \frac{F_{wp}}{\tan 45^\circ} \quad (3)$$

Sila veza se određuje na način da je kut kojeg zatvara vez s osi broda jednak  $45^\circ$  (Slika 4.), računa se samo za jednu stranu jer će se u drugoj uslijed prikazanog utjecaja vjetra javiti tlak kojeg lančanice ne mogu prenijeti.

$$F_{vez} = \frac{F_{wp}}{\sin 45^\circ} \quad (4)$$

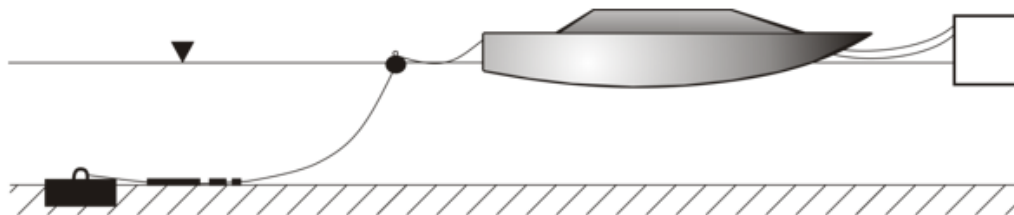
Tablica 4. *Sile u sidrenoj lančanici plovila i vezu za gat*

Smjer vjetra:	$F_L$ [kN]	$F_{vez}$ [kN]
NNE	3.06	4.3
ESE	0.47	0.45



### 3. Sidreni sustav plovila i gatova unutar marine

Sidreni sustav plovila se osigurava vezanjem krme plovila preko plutače na lančanicu koja se hvata na pridneni lanac (Slika 5.).

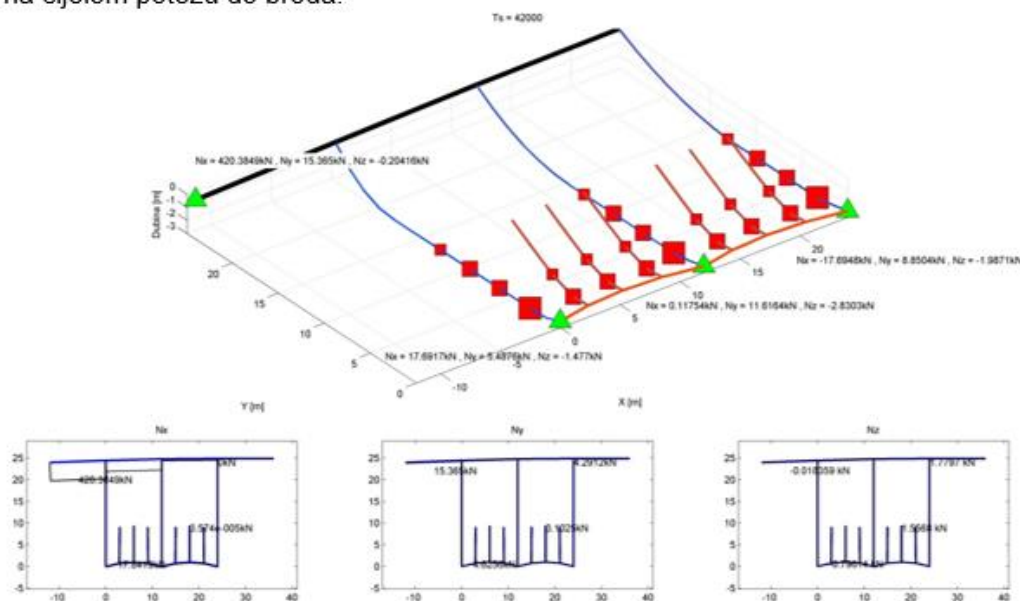


▲ Slika 5. *Shema općenitog veza plovila*

U nastavku su predloženo rješenje sidrenja plutajućih gatova, gdje je vršen proračun lančаница kojima bi se gatovi vezali za sidrene blokove koji ujedno služe i kao sidreni sustav plovila.

#### 3.2. Integrirani model sidrenog sustava lancima za plovila i gatove

Sidreni sustav plovila je prikazan u Grafičkom prilogu 1, na situaciji s rasporedom etalonskog broda. Za dimenzioniranje lančаница i sila u njoj zanemarena je duljina veza konopa od broda do plutače, i proračun je vršen za karakteristike lančаница na cijelom potezu do broda.

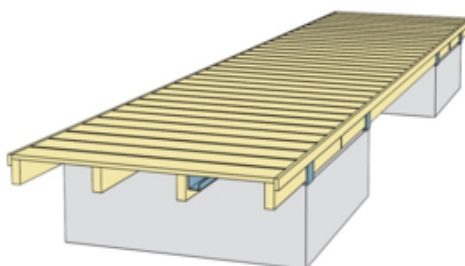


Slika 6. *Geometrija sidrenog sustava zadana modelom*

Proračun geometrije i sila u lančanicama otežanim betonskim oteživačima izveden je u numeričkom modelu *SeaLin* te je na Slici 6. prikazana shema iz modela koja odgovara karakterističnom dijelu geometrije sidrenog sustava zadane u Grafičkom prilogu 1.

*SeaLin* je numerički model, izrađen u Matlabu, koji koristi linearno elastične konačne elemente i vrši postupak dinamičke relaksacije te iterativno rješava sustav metodom eksplicitne numeričke integracije. Postupak je završen kada se geometrija lančanice stabilizira. Rezultati se prikazuju u obliku sila u lančanici kao i u rubnim čvorovima iste koje će predstavljati reakciju u smislu horizontalne i vertikalne sile koju sidreni blok i gat moraju prenijeti.

Da bi se dobila što realnija simulacija stvarnog ponašanja ovakvog sidrenog sustava u geometriju je uvršten i sam gat s dimenzijama elemenata (12mx2.40m) i poprečnim presjekom prikazanim na Slici 7.



Slika 7. Poprečni presjek odabranog plutajućeg gata

Odabran je jedan od najtraženijih modela drvenih pontona s betonskim plovcima, Marinetek sustav 242, koji se pokazao ekonomičan u cijeni i održavanju. Nosivost/kapacitet pontona iznosi 1.2-2.5 kN/m<sup>2</sup>, visina rive je 0.6m a korišteni betonski plovak je tipa M300. Za gat je u modelu uzeto samo da ima uzdužnu krutost za poprečni presjek prema karakteristikama proizvođača, dimenzije, 4x75x200 [mm], te pretpostavljene kvalitete drva od C35 i uporabne klase 3.

Za potrebe ovog projekta, proračun je izvršen za parametre sile generirane vjetrom iz smjera NNE (Slika 3.a), Tablica 4.) s obzirom da su njena veličina i utjecaj izrazito značajniji od smjera ESE.

Opterećenje zadano kao horizontalna sila u svakoj lančanici plovila odgovara vrijednosti od  $F_L=3.06$  [kN], dok sila na lančanicu za sidrenje samog gata ( $F_{Lgat}$ ) koju lančanica sidrenog bloka preuzima sa svakog pontonskog segmenta iznosi:

$$F_{Lgat} = \frac{N(plovila) \cdot F_L}{2} \quad (5)$$

gdje  $N(plovila)$  odgovara broju plovila između dva susjedna sidrena bloka, odnosno za lančanicu sidrenog bloka između dva segmenta ta sila iznosi:

$$F_{Lgat} = N(plovila) \cdot F_L \quad (6)$$

Sila koju treba prenijeti jedna lančanica za sidrenje gatova u slučaju NNE kao najnepovoljnije situacije po segmentu iznosi  $F_{Lgat} = 4.6$  [kN], a za slučaj sidrenog bloka koji preuzima obe strane to je dakle  $F_{Lgat} = 9.2$  [kN]. Broj brodova između pojedinih sidrenih blokova (po jednom segmentu) iznosi 3 za etalonsku kategoriju VI.

### 3.2.2. Dimenzioniranje lančanica

Sidrenje se izvodi pomoću lanaca za sidrenje morskih oznaka DIN 5683 – I/1964 (Steel chain DIN5683), i u Tablici 5 su dane karakteristike lanca prema podacima proizvođača (Lanac d.o.o.)

Odabrane veličine lančanica su sljedeće: za pridnene lance –  $\phi 33[mm]$ , za lance od plovila –  $\phi 16[mm]$ , te za sidrene lance gatova –  $\phi 33[mm]$ .

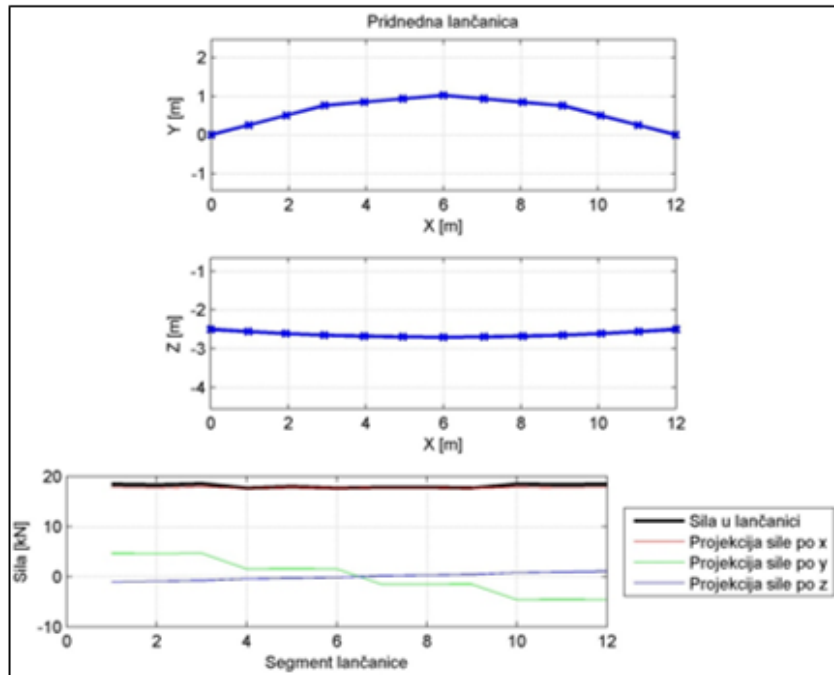
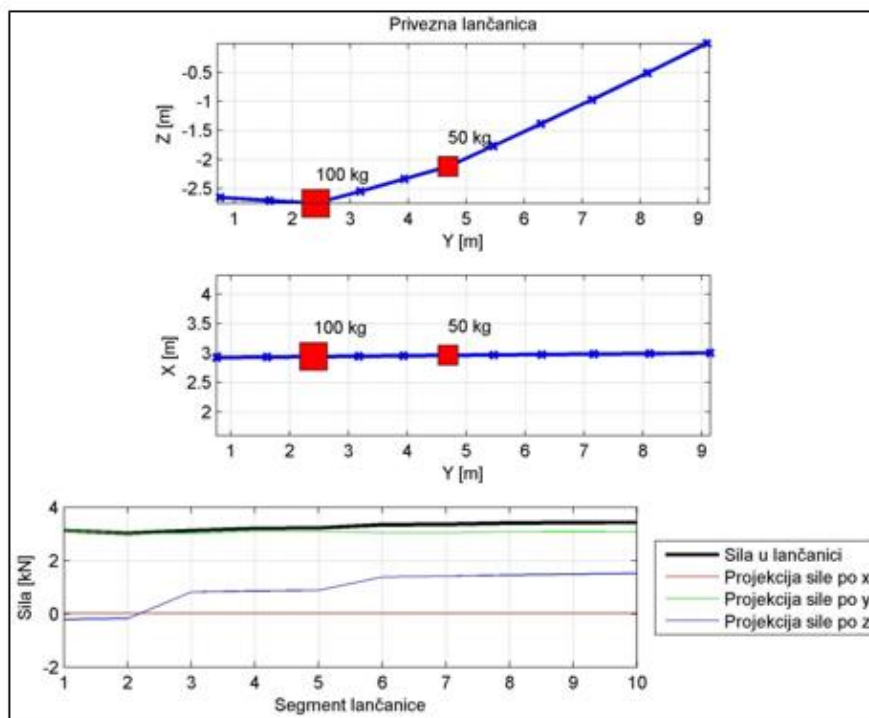
U modelu je razmatrana maksimalna sila koja se može javiti u lančanici, maksimalan pomak segmenata gata, kao i pomak lančanice broda u odnosu na odabranu duljinu lančanice. S obzirom na zadane uvjete određene su sljedeće duljine lančanica:

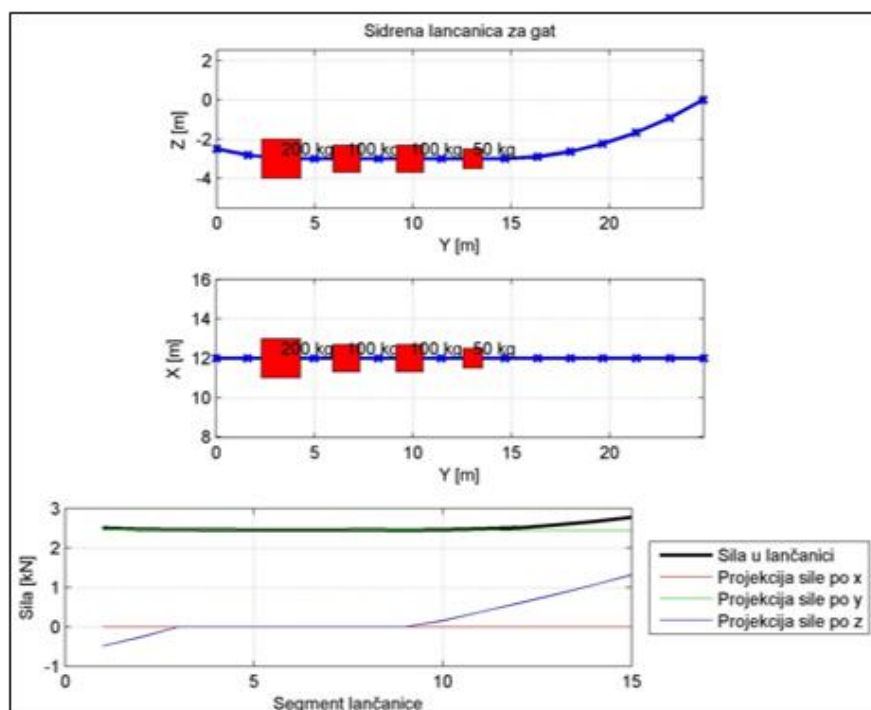
- Pridneni lanac – 12.05 [m]
- Sidreni lanac plovila (7.5 [m] lanca+1.5 [m] veznog konopa) – 9.00 [m]
- Sidreni lanac plutajućeg gata – 25.6 [m]

Tablica 5. *Karakteristike lanca za sidrenje morskih oznaka prema Lanac d.o.o.*

Nazivni promjer	Korak karike	Širina karike $b_2$	Opterećenje		Težina lanca
			ispitno	prekidno	
mm	mm	mm	kN	kN	kg/m
16	144	88	15	75	4,3
18	162	99	18,3	91,5	5,5
20	180	110	22,8	114	6,8
23	207	127	30	150	8,9
26	234	143	38,4	192	11,4
30	270	165	51	255	15,2
33	297	181	61,8	309	18,3
36	324	198	75	375	21,9

Za odabrane parametre lančanica i ranije definirane sile od smjera NNE, dobiveni su rezultati u *SeaLin* koji su dati u obliku dijagrama reznih sila na Slici 8. za pridneni lanac, na Slici 9. za sidreni lanac plovila i na Slici 10. za sidreni lanac gata.

Slika 8. Pomaci i sile u pridnenom lancuSlika 9. Pomaci i sile u priveznom lancu

Slika 10. Pomaci i sile u sidrenom lancu plutajućeg gata

Prema odabranim lančanicama koje imaju pripadne karakteristike ispitnih i prekidnih maksimalnih opterećenja (Tablica 5.), a usporedbom sa rezultatima iz *SeaLin*-a prikazanim na slikama (Slika 8., 9. i 10.) može se zaključiti da:

- Pridneni lanac nazivnog promjera od 33 [mm] ima ispitno opterećenje 61.8 kN, a sila koja se u najopterećenijoj lančanicama javlja iznosi do maksimalno 20 [kN], i kao takav lanac zadovoljava uvjete upotrebe
- Sidreni lanac plovila nazivnog promjera od 16 [mm] ima ispitno opterećenje 15 [kN], a sila koja se u njemu javlja iznosi do maksimalno 4 [kN], i kao takav lanac zadovoljava uvjete upotrebe
- Sidreni lanac plutajućeg gata nazivnog promjera od 33 [mm] ima ispitno opterećenje 61.8 [kN], a sila koja se u najopterećenijoj lančanicama javlja iznosi do maksimalno 3 [kN], i kao takav lanac zadovoljava uvjete upotrebe.

Sidrene lančаницe brodova i gatova su otežane betonskim oteživačima da bi se ograničili njihovi pomaci, a ujedno i spriječio problem ometanja gaza u akvatoriju lučice. Predlažu se montažni valjkasti betonski utezi od 200, 100 i 50 kg. Imaju oblik šupljeg valjka kroz čiju os se provlači sidreni lanac. Kako bi sidreni sustav ostao dovoljno fleksibilan, odnosno manje krut za redovne uvjete korištenja, a dovoljno čvrst da preuzme sile od djelovanja vjetrova na brodove, nižu se betonski utezi različitih veličina.

Proračunom je dokazano i prikazano na Slikama 9. i 10. da tražene uvjete zadovoljava sljedeći raspored oteživača:

- Na priveznom lancu od broda dva oteživača, jedan od 100 [kg] na centralnoj udaljenosti – 1.56 [m] od sidrenog bloka, te jedan od 50 [kg] na centralnoj udaljenosti – 4 [m] od sidrenog bloka duž lančanice (crveni kvadratići na Slici 9.)
- Na sidrenom lancu od gata, sve ukupno četiri oteživača, jedan od 200 [kg] na centralnoj udaljenosti - 3.33 [m] od sidrenog bloka, dva od 100 [kg] na centralnoj udaljenosti – 6.62 [m] i 9.83 [m], te jedan od 50 [kg] na 13.03 [m] od sidrenog bloka duž lančanice (crveni kvadratići na Slici 10.)

### 3.2.3. Dimenzioniranje sidrenih blokova

Sidreni betonski blokovi drže vrlo dobro na svim mekanim podlogama, a također i na stijenama ako na njima postoji najmanje 50 cm mekane podloge. Prema geotehničkim istraživanjima provedenim na projektnoj situaciji je utvrđeno da u većem dijelu akvatorija na dnu se nalazi oko 70-90 [cm] žitkog mulja, ispod kojeg slijedi još u prosijeku 30-50 [cm] šljunka i pijeska, ispod čega tek slijedi stijena u osnovi izgrađena od eoceanskog fliša ( $E_{2,3}$ ).

Sila zadržavanja betonskog bloka očituje se u:

- potrebnoj sili za podizanje (vertikalnoj komponenti) i
- potrebnoj sili za smicanje (horizontalnoj komponenti)

U predloženom slučaju na isti sidreni blok se vežu direktno lančanice koje sidre gatove, a između njih se proteže pridnjeni lanac na kojeg se vežu lančanice pojedinih brodova. Stoga je bilo potrebno uzeti u obzir sve te sile koje direktno ili indirektno djeluju na sam sidreni blok.

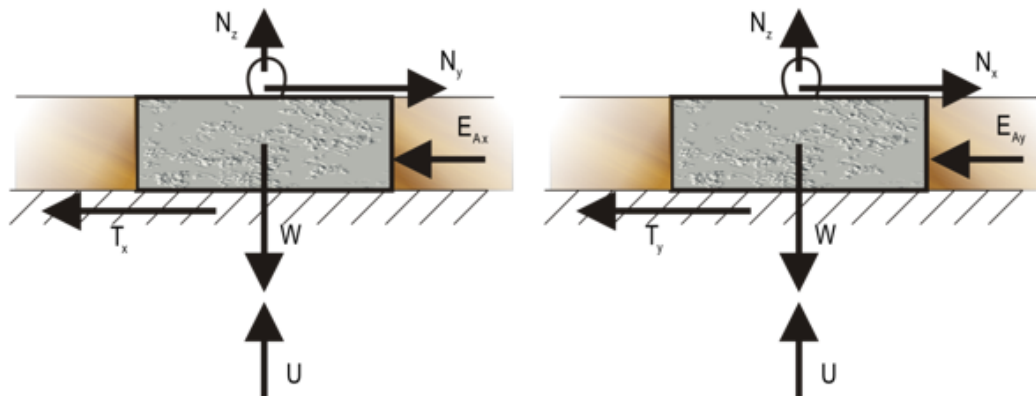
Sile za podizanje i smicanje ovise o:

- težini betonskog bloka uključujući priljepljivanje bloka za podlogu
- trenju s podlogom

Za promatranu situaciju, zbog geomehaničkih uvjeta na terenu koji diktiraju i do 90 [cm] žitkog mulja, ali i relativno male dubine na mjestu akvatorija, da se izbjegne ometanje visine sidrenog bloka gazu, a ujedno i poboljša njegova stabilnost, predlaže se postavljanje bloka na podlogu od šljunka i pijeska koja se nalazi ispod žitkog pijeska. Sidreni blok se ukopava do šljunčane podloge.

Ravnoteža sila za sidreni blok se provjerava prema shemi prikazanoj na Slici 11., gdje su pozitivno djelujuće sile težina ( $W$ ), trenje ( $T_y$  i  $T_x$ ), i aktivni tlak ( $E_{Ay}$  i  $E_{Ax}$ ) kojeg vrši mulj na blok uslijed djelovanja horizontalnih sila (opterećenja) iz lančanice ( $N_y$  i  $N_x$ ), a negativno djelovanje na stabilnost još imaju vertikalna komponenta sile lančanice ( $N_z$ ) i uzgon ( $U$ ).



Slika 11. *Shema opterećenja na sidreni blok*

Ravnoteža se provjerava na način da sila trenja mora biti veća od horizontalne sile iz lančanice umanjene za djelovanje aktivnog tlaka:

$$\begin{aligned} T_y &\geq N_y - E_{Ay} \\ T_x &\geq N_x - E_{Ax} \end{aligned} \quad (7)$$

gdje je sila trenja iskazana izrazom:

$$T = T_x = T_y = \mu \cdot (W - N_z - U) \quad (8)$$

$\mu$  predstavlja koeficijent trenja između podloge i betonskog bloka, te za podlogu od šljunka i pijeska, ovisno o načinu ugradnje, iznosi:

- $\mu = \tan \varphi = 0.7$  – za slučaj ugradnje sidrenog bloka na terenu
- $\mu = \frac{2}{3} \tan \varphi = 0.47$  – za slučaj postavljanja predgotovljenog bloka

Gdje je  $\varphi$  kut unutarnjeg trenja za šljunak i iznosi  $35^\circ$

Sila aktivnog tlaka tla iskazana je sljedećim izrazom:

$$\begin{aligned} E_A = E_{Ay} = E_{Ax} &= \frac{\gamma_{mulj} \cdot d^2}{2} \cdot \tan\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \\ &\text{– } \gamma_{mulj} = 20 \left[ \text{kN} / \text{m}^3 \right] \text{ – specifična težina žitkog mulja} \\ &\text{– } d = 0.9 \left[ \text{m} \right] \text{ – debljina sloja žitkog mulja} \\ &\text{– } \varphi = 5.0^\circ \text{ – unutarnji kut trenja žitkog mulja} \end{aligned} \quad (9)$$



Odabran je sidreni blok dimenzija 1.5x1.5x0.9 [m] i njegov nacrt i armaturni plan su dati u Grafičkom prilogu 2. Gustoća armiranog betona je 2.5 [t/m<sup>3</sup>], a gustoća morske vode je 1.025 [t/m<sup>3</sup>].

Za najopterećeniji blok (rubna pozicija) sa silama očitanim s dijagrama (Slika 5.), provjerena je stabilnost prema izrazima (7) i rezultati su dati u Tablici 6.

Tablica 6. *Provjera stabilnosti sidrenog bloka*

$N_x$ [kN]	$N_y$ [kN]	$N_z$ [kN]	$\mu$	$E_{ax}=E_{ay}$ [kN]	$W$ [kN]	$U$ [kN]	$N_x-E_{ax}$ [kN]	$N_y-E_{ay}$ [kN]	$T_x=T_y$ [kN]
17.64	8.9	-2	0.7	6.8	44.15	18.1	10.8	2.1	19.6
17.64	8.9	-2	0.47	6.8	44.15	18.1	10.8	2.1	13.2

Proračun je obavljen za obe metode ugradnje blokova, dakle, bilo da se radi direktno ugradnjom na terenu što povećava koeficijent trenja pa sila trenja iznosi 19.6 [kN] > 10.8 [kN], ili da se radi s predgotovljenim blokovima pripremljenim na suho koji zbog glatke oplata smanjuju koeficijent trenja, sila opet iznosi 13.2 [kN] > 10.8 [kN].

Predloženi blokovi (prema Grafičkom prilogu 2) imaju ugrađenu omču promjera  $\phi = 40$  [mm] koja služi za prihvatanje pridnenih lanaca i lanaca za sidrenje gatova, kao i za prihvatanje bloka prilikom njegova spuštanja u more.

Ostale pozicije za armaturni koš izvedene su s promjerom  $\phi = 10$  mm.

#### 7.2.4. Analiza betonskog dijela plaže – pojava pukotina

S obzirom da se uređenje plaže vodi idejom već uređene plaže Monte Mulini, bitno je obratiti pozornost na detalj pukotina koje su nastale na već izvedenim betonskim površinama i spriječiti nastanak istih na plaži Valdaliso.



*Slika 7.13. Pukotina na plaži Monte Mulini*

Plaža je u potpunosti preuređena 2014., s modernim terasastim površinama prekrivenim bijelim cementom. Ploče se sastoje od dva konstruktivna sloja, betonskoga debljine 15 cm na koji su monolitizirane ploče od bijelog cementa, mikroarmiranog propilenskim vlaknima, debljine 5 cm. Ploče su različitih dimenzija i nepravilnog oblika između kojih su izvedene fuge ispunjene silikonom.

Dok većina vrsta pukotina ne ugrožava stabilnost i dugotrajnost konstrukcija, pukotine su ružne i u ekstremnim slučajevima mogu smanjiti stabilnost i upotrebljivost konstrukcije. Zbog toga pukotine treba svesti na minimum, a preventivne mjere prilikom ugradbe i očvršćivanja ostaju najbolji način svodenja minimalnog nastanka pukotina.

Jedna od prvih pretpostavki razloga nastanka pukotina bila je visoka temperatura zbog koje u slojevima dolazi do velikih naprezanja te na kraju prekoračenjem vlačne čvrstoće i do pucanja. U nastavku ćemo pokazat djelovanje temperature na pravilnim blokovima manjih dimenzija.

Analiza je izvedena u programu "SCIA ENGINEER 2013" koja radi na principu MKE (metode konačnih elemenata). Ona nam neće omogućiti prikaz pukotina, međutim kao rezultate možemo dobiti nastala naprezanja čijom analizom se lako može utvrditi hoće li doći do nastanka pukotina te pretpostaviti njihov razvoj uslijed djelovanja određenog opterećenja.

Detaljnija analiza pukotina bi se mogla napraviti primjenom metode FEM-DEM koju nismo u mogućnosti koristiti.

FEM-DEM je kombinirana metoda konačno diskretnih elemenata za razvoj numeričkih modela u različite svrhe. Temelji se na principu mogućnosti pucanja elemenata prilikom prekoračenja tlačne ili vlačne čvrstoće, razdvajanja elemenata te međusobnog sudaranja. To nam omogućuje simuliranje ponašanja konstrukcije te nastanka i razvoja pukotina.

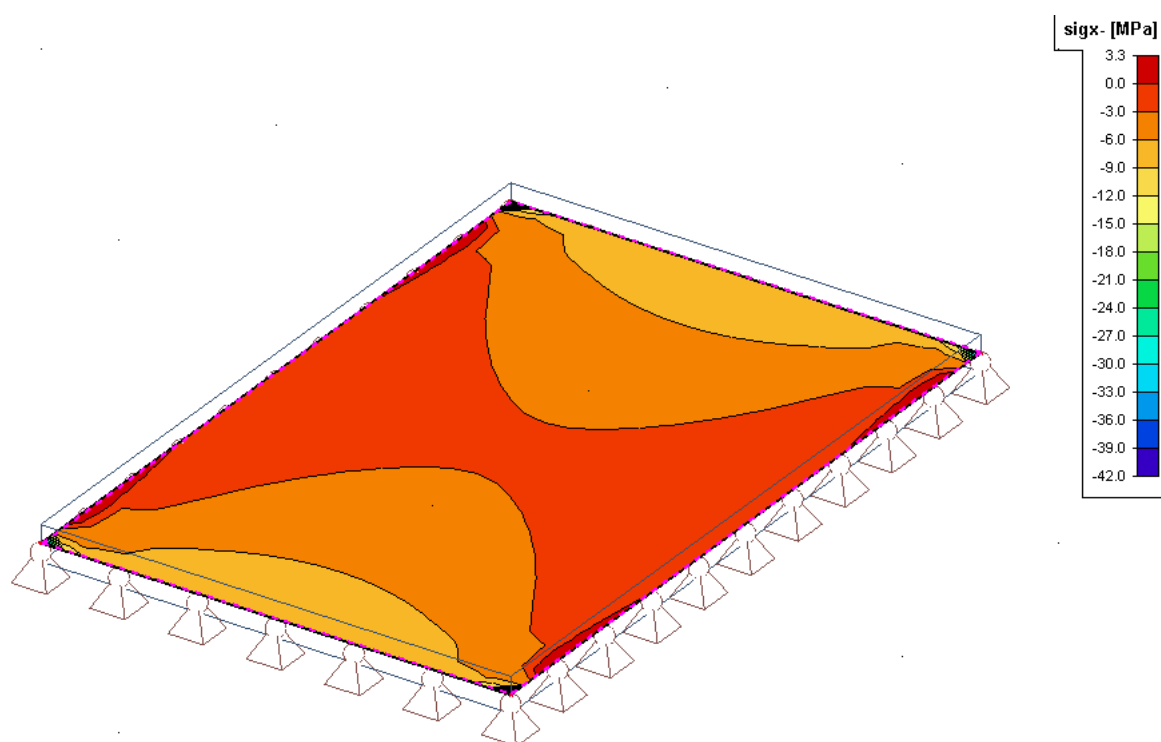
#### Postupak analize:

Koristit će se klasa betona C30/35. Vlačna čvrstoća je 1/5-1/15 tlačne čvrstoće (uzimamo 1/10), što nas dovodi do vlačne čvrstoće  $\sim 3$  Mpa. Propilenska vlakna koja se nalaze u sastavu bijelog cementa povećavaju vlačnu čvrstoću za 10% i ukupna vlačna čvrstoća sloja bijelog cementa iznosi 3,3 MPa.

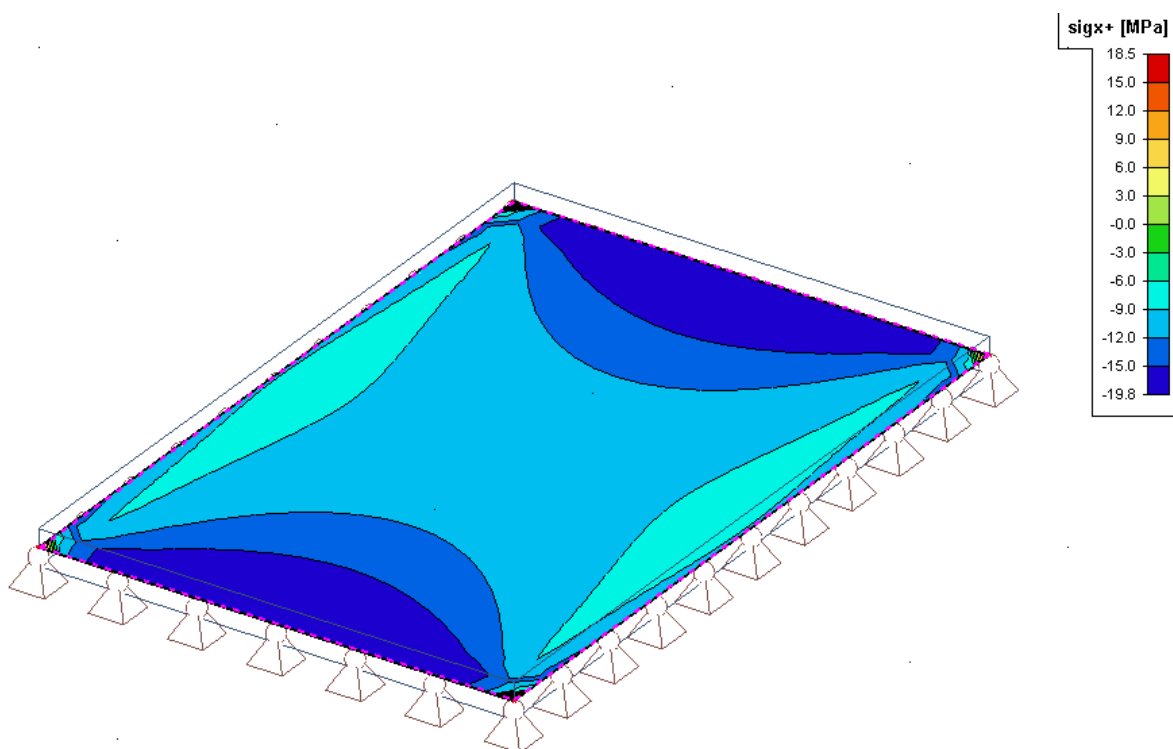
Prvo se izvršila kontrola programskog paketa SCIA u kojem se izvodi analiza. Kontrolirala se točnost rezultata podataka uslijed djelovanja temperature. Postavila se jedna ploča, opterećena konstantnom temperaturom na osnovu koje smo dobili naprazanja čija se točnost provjerila standardnim načinom  $\sigma = \alpha_t \cdot \Delta t \cdot E$ .

Slijedeći korak je dodavanje druge ploče također opterećene istom konstantnom temperaturom u cilju provjeravanja rubnih uvjeta zadanih ploča, odnosno njihovog zajedničkog djelovanja. Ako je donja ploča upeta, pomaci na rubovima trebaju biti nula. Također provjeravamo je li gornja ploča vezana za donju. Ako je, pomaci i gornje ploče pri konstantnoj temperaturi bit će nula (ako su povezane). Rezultati pomaka su zadovoljavajući što dovodi do zaključka da je zadani model točan i može se nastaviti analiza.

Prvo smo napravili numeričku analizu elementa dimenzija 3x2 m. Na modelu smo postavili temperaturno djelovanje uključujući i vlastitu težinu elemenata. U prvom slučaju temperatura po slojevima je 60/35/17° pri čemu ne dolazi do prekoračenja vlačne čvrstoće betona, dok je u drugom slučaju temperatura 60/28/17° čije rezultate ćemo prikazati u nastavku.



Slika 7.14. Prikaz stanja naprezanja na elementu 3x2 m,  $\sigma_x^-$  (donja strana neutralne osi)

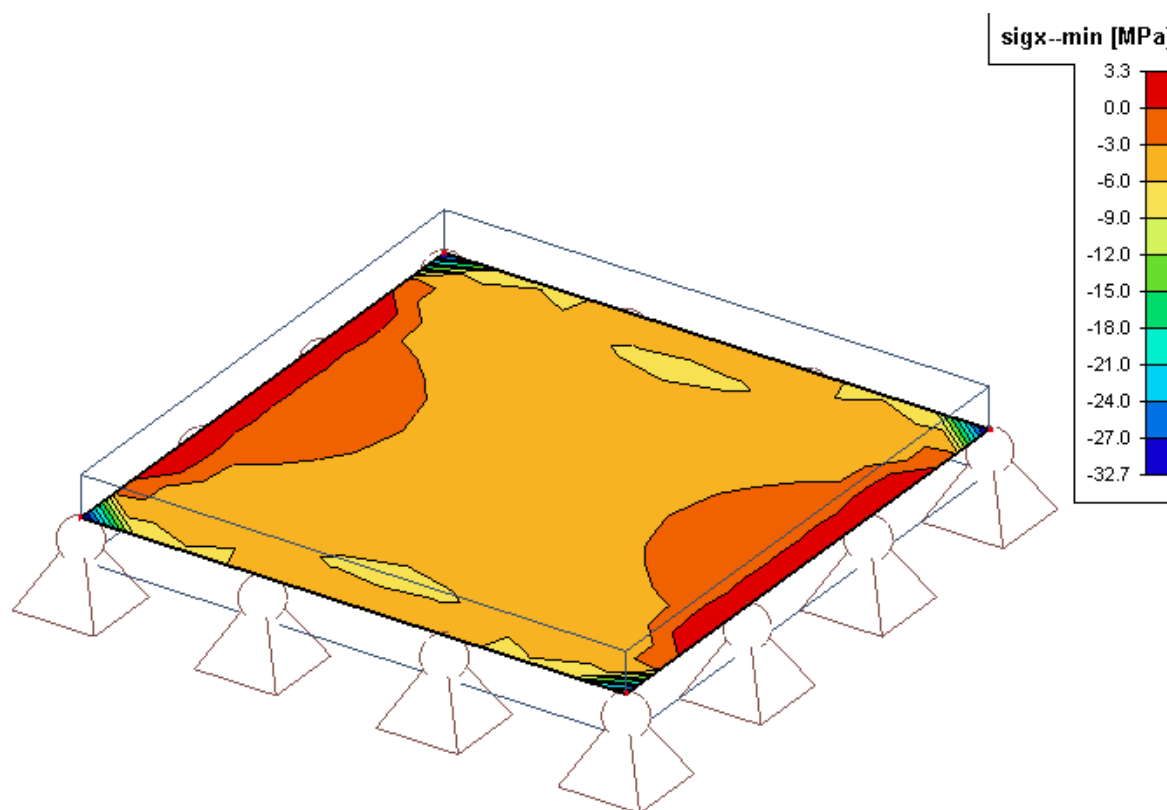


Slika 7.15. Prikaz stanja naprezanja na elementu 3x2 m,  $\sigma_x^+$  (gornja strana neutralne osi)

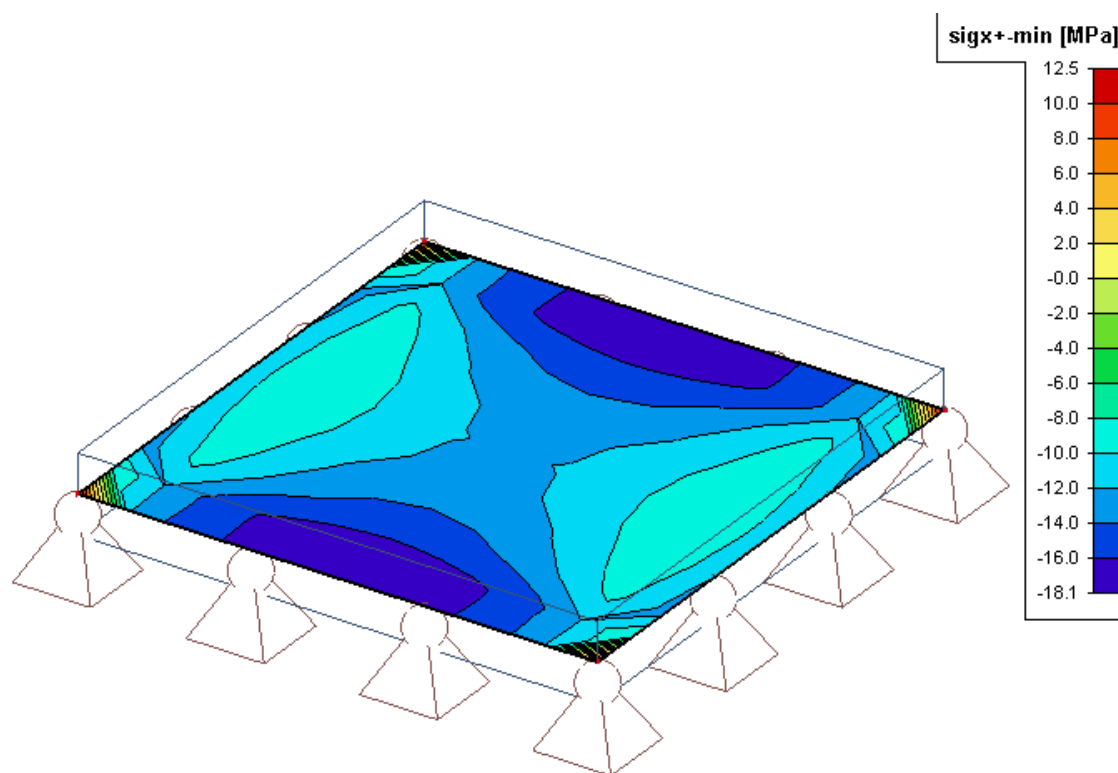
Na prvoj slici vidimo da dolazi do prekoračenja vlačne čvrstoće (3,3 MPa) na rubnim trećinama elementa što nas dovodi do zaključka da bi tu trebale nastati pukotine i njihovo daljnje širenje. Također se vidi koncentracija tlačnih naprezanja (42,0 MPa) u kutevima elementa kao posljedica sitne numeričke podjele konačkih elemenata i rubnih uvjeta pa to zanemarujemo.

Na drugoj slici vidimo da se koncentracija vlačnih naprezanja javlja samo u kutevima dok je cijela ploča u tlaku (19.8 MPa) manjem od tlačne čvrstoće samog elementa.

Prvotno smo mislili da na nastanak pukotina utječu dimenzije samog elementa, zbog čega smo analizirali i model dimenzija 1x1 m.



Slika 7.16. Prikaz stanja naprezanja na elementu 1x1 m,  $\sigma_{x--}$  (donja strana neutralne osi)



Slika 7.17. Prikaz stanja naprezanja na elementu 1x1 m,  $\sigma_x^+$  (gornja strana neutralne osi)

Iz priloženog se vidi da su rezultati na elementu 1x1 m gotovo identični kao na elementu 3x2 m, što nas dovodi do zaključka da dimenzija elementa nema utjecaja na promjenu stanja naprezanja prilikom opterećenja nejednolikom temperaturom.

Granična vrijednost vlačnih naprezanja sa numeričkih modela je slična vlačnoj čvrstoći bijelog cementa, te je pitanje kakva je stvarna vlačna čvrstoća zbog čega ne možemo sa sigurnošću utvrditi da će baš zbog temperature nastati pukotine. Ne znamo ni stvarnu raspodjelu temperature po visini, već pretpostavljeni, te bi zbog toga najbolje bilo provesti laboratorijsku analizu.

Jedna od mogućnosti razloga nastanka pukotina po ploči koje vidimo na slici 5.13. nastale su ili uslijed skupljanja cementa ili je voda ušla kroz brtve zbog čega je došlo do uzdizanja cementa.

- Pukotine prije i za vrijeme stvrdnjavanja

Plastične pukotine skupljanja se pojavljuju kada brzina vjetra, relativno niska vlažnost zraka, visoka temperatura u okolini ili kombinacija svih triju uzrokuju isparavanje vode sa površine betona prebrzo (brže) nego što može biti zamijenjeno vodom oslobođenom od agregata zbog nemogućnosti zadržavanja iste pri taloženju. Brzo isparavanje koje uzrokuje ovo pucanje može se tehnološki ograničiti sa vjetrobranima, sjenčanjima i tretmanima za površini.

- Pukotine nakon očvršćivanja

Ova kategorija obuhvaća ugrađeni beton (starosti od 1 dana pa do više godina starosti betona) kod kojeg se oblici više ne mogu mijenjati bez oštećenja. To uključuje pukotine uzrokovane sušenjem kao i one koje proizlaze iz kretanja temperature, neefikasno njegovanje, brzo hlađenje itd.

Trošnost pukotina nakon očvršćivanja zasnovano je toplinskom gradijentu koje teži da zahvati vodu i cement na površini, koja se zatim sastoji od slabog betona koji je izložen visokim naprezanjem. Rezultat je često slabo stvrdnjavanje. Ostale pukotine koje se javljaju nakon stvrdnjavanja mogu biti uzrokovane nedostatkom adekvatnog pojačanja u uglovima, nedovoljnom slojem betona preko armature u betonu, nedostatkom ekspanzije i kontrakcijom spojnica.

U većini slučajeva u kojima se pojavljuju pukotine u betonima, pukotine se mogu identificirati a uzrok pucanja ustanoviti. Detaljna analiza nije provedena ovim idejnim projektom, a za rješenje problema tj. za određivanje pravog razloga nastanka pukotina potrebna je detaljnija laboratorijska analiza.



---

## 8. Zaključak

---

Idejnim rješenjem uređenja uvale Valdaliso obuhvaćeno je novo stanje uređenosti akvatorija i obalnog pojasa u okolnostima očekivanog povećanja ili promjena aktivnosti na pojedinim njegovim dionicama. Projektom se predviđa uređenje postojeće obale u cilju razvoja funkcija lučko-pomorskih aktivnosti, izletničkih i sportsko-ribolovnih aktivnosti te u funkciji kupališnih aktivnosti, sporta i rekreacije..

Ideja preuređenja lučice sastoji se od rekonstrukcije i dogradnje postojećeg lukobrana te proširenje obalnog zida sa izgradnjom dva gata, što bi povećalo kapacitet lučice. Na temelju provedene prognoze valova uočeni su određeni problemi koji ne dopuštaju privez brodova tijekom cijele godine zbog velikih valova koji ulaze u lučicu. Rekonstrukcijom i dogradnjom lukobrana ne bi se samo dobila zaštita obale, ujedno bi se dobilo i vrijedno područje za smještaj plovila za rekreaciju, privez manjih brodica i pristajanje turističkih linija.

Za izvedbu gatova predviđeni su drveni pontoni na betonskim plovcima koji su čvrsti, imaju dugi vijek trajanja, ne zahtijevaju značajno održavanje i imaju povoljnu nabavnu cijenu. Tip rješenja koji se predlaže su lančanice kojima bi se gatovi vezali za sidrene blokove koji ujedno služe i kao sidreni sustav plovila. Za potrebe glavnog projekta izgradnje, potrebno je dimenzionirati sidreni sustav planiranih drvenih plutajućih gatova, te sidreni sustav za vezivanje brodova u akvatoriju lučice. Diplomskim radom nije predviđen ovaj proračun, međutim priložen je način na koji bi se spomenuto dimenzioniranje izvršilo.

Za samu nadogradnju obale, te gradnju pontonskih gatova potrebni su detaljni istražni radovi morskog dna za odabir pravog načina izvođenja te je potrebno detaljno dimenzioniranje svih elemenata obale. Ovim idejnim rješenjem dane su samo okvirne dimenzije kako bi se stekao dojam veličine konstrukcije i opsežnosti radova.

Uređenje plaže Valdaliso vodi se idejom već uređene plaže Monte Mulini. Plaža s modernim terasastim površinama prekrivenim bijelim betonom, u kombinaciji s prirodnim stijenama te arhitektura eksterijera čitavog područja koja je vrlo pažljivo osmišljena, s dozom ekskluzivnosti. Primarni razlog uređenja (kupanje i sunčanje) nadopunjava se ovim projektom sadržajima i tehnologijom koja omogućava ugodan boravak i uživanje u komplementarnoj ponudi i servisu, a ovisno o karakteru obalne zone i pripadajućih objekata, zona plaže uz šetnjicu podijeljena je u 2 oblikovne i ambijentalne zone.

Potrebna je analiza uzroka nastanka pukotina na betonskim površinama plaže. U većini slučajeva u kojima se pojavljuju pukotine u betonima, pukotine se mogu identificirati a uzrok pucanja ustanoviti. Ova problematika je djelomično razrađena. Predloženi su mogući razlozi nastanka pukotina. Na modelima je izvršena analiza kojom se može utvrditi hoće li doći do nastanka pukotina te pretpostaviti njihov razvoj uslijed djelovanja određenog opterećenja. Rezultati su svedeni na pretpostavke, a za rješenje problema tj. za određivanje pravog razloga nastanka pukotina potrebna je detaljnija laboratorijska analiza, da se spriječi nastanak istog problema kao na već izvedenoj plaži Monte Mulini.

Ovim diplomskim radom prikazano je trenutno stanje uvale Valdaliso, koja nije adekvatno iskorištena za turističko odredište kao što je grad Rovinj. Usprkos velikoj frekvenciji pronalaženja uvale, naročito u ljetnim mjesecima, potez danas odaje dojam prilično zapuštenog i oronulog ambijenta. Idejnim rješenjem pokušava se ponuditi prikladni i moderni način uređenja obale koji će zadovoljiti turističke zahtjeve i maksimalno iskoristiti resurse ovog područja. Uređenje zone za grad Rovinj značit će povećanje urbane kvalitete poteza gradske šetnjice, a ciljano – u najjužoj zoni interesa – doprinijeti ponudi samog hotela Valdaliso, a indirektno i ostalih hotela u istoimenoj zoni

## 9. Popis slika

Slika 1.1. Rovinj .....	1
Slika 1.2. Valdaliso .....	2
Slika 1.3. Gradski krajolik Rovinja u zoru .....	3
Slika 2.1. Godišnja ruža vjetra za Sv. Ivana na pučini u periodu 2004. do 2013. ....	8
Slika 2.2. Sezonske ruže vjetrova za Sv. Ivana na pučini u periodu 2004. do 2013.....	10
Slika 2.3. Izloženost predmetne lokacije vjetrovima od značaja i posljedičnim vjetrovnim valovima.....	12
Slika 2.4. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer ESE.....	13
Slika 2.5. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer SE .....	17
Slika 2.6. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer SSE.....	18
Slika 2.7. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer S.....	19
Slika 2.8. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer SSW.....	20
Slika 2.9. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer SW .....	23
Slika 2.10. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer WSW .....	23
Slika 2.11. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer W .....	23
Slika 2.12. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer WNW .....	20
Slika 2.13. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer NW .....	21
Slika 2.14. Skica za izračun efektivne dužine privjetrišta za centralni smjer NNW .....	22
Slika 2.15. Groen-Dorrenstein dijagram .....	23
Slika 2.16. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za sektor I ....	26
Slika 2.17. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za sektor II...27	
Slika 2.18. Linearna regresija G-varijable i pripadajuća Gumbelova distribucija za sektor III .28	
Slika 3.1. Diferencijalni segment integracije u planu refrakcije .....	31
Slika 3.2. Način zadavanja kuteva $\alpha_0$ i $\beta_0$ .....	34
Slika 3.3. Situacija refrakcije za sektor I (jugo) .....	35
Slika 3.4. Situacija refrakcije za sektor II (lebić) .....	36
Slika 3.5. Situacija refrakcije za sektor III (maestral) .....	36
Slika 3.6. Mjesto loma vala.....	40
Slika 3.7. Visina vala na mjestu loma.....	41
Slika 3.8. Promjena visine vala nakon loma .....	41
Slika 4.1. Tlak na prelijevani vertikalni zid na primjeru od totalno reflektiranog vala .....	42
Slika 4.2. Shema hidrodinamičkog opterećenja.....	43
Slika 4.3. Dijagram refrakcije za kut vala - $60^\circ$ .....	44

Slika 6.1. Općeniti prikaz lica plaže .....	49
Slika 6.2. Dean-ov dijagram .....	49
Slika 7.1. Ortofoto snimka postojećeg stanja.....	51
Slika 7.2. Prikaz trenutnog stanja lučice Valdaliso.....	52
Slika 7.3. Prikaz trenutnog stanja plaže Valdaliso.....	52
Slika 7.4. Situacija postojećeg stanja lučice i plaže Valdaliso .....	53
Slika 7.5. Motorna brodica.....	54
Slika 7.6. Projektirano stanje - Monte Mulini.....	55
Slika 7.7. Projektirano stanje - plaža Monte Mulini .....	55
Slika 7.8. Poprečni presjek lukobrana.....	57
Slika 7.9. Gat za namjenu taxi plovila .....	58
Slika 7.10. Prikaz planirane rekonstrukcije i dogradnje lukobrana .....	59
Slika 7.11. Prikaz uređenja plaže Valdaliso.....	60
Slika 7.12. Raspored gatova u lučici.....	61
Slika 7.13. Pukotina na plaži Monte Mulini .....	75
Slika 7.14. Prikaz stanja naprezanja na elementu 3x2 m, $\sigma_x^-$ (donja strana neutralne osi).....	77
Slika 7.15. Prikaz stanja naprezanja na elementu 3x2 m, $\sigma_x^+$ (gornja strana neutralne osi) .....	77
Slika 7.16. Prikaz stanja naprezanja na elementu 1x1 m, $\sigma_x^-$ (donja strana neutralne osi).....	78
Slika 7.17. Prikaz stanja naprezanja na elementu 1x1 m, $\sigma_x^+$ (gornja strana neutralne osi) .....	79

## 10. Popis tablica

Tablica 2.1. Beaufortova ljestvica za vjetar.....	5
Tablica 2.2. Vjerojatnost istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra(relativne čestine), po klasama jačine (Bf) i brzine (m/s) vjetra za Sv. Ivana na pučini, za godinu, u razdoblju 2004. - 2013. ....	7
Tablica2.3. Vjerojatnost istovremenog pojavljivanja različitih smjerova vjetra(apsolutne čestine), po klasama jačine (Bf) i brzine (m/s) vjetra za Sv. Ivana na pučini, za godinu, u razdoblju 2004. - 2013. ....	7
Tablica 2.4. Efektivna dužina privjetrišta za smjer ESE .....	16
Tablica 2.5. Efektivna dužina privjetrišta za smjer SE .....	16
Tablica 2.6. Efektivna dužina privjetrišta za smjer SSE.....	16
Tablica 2.7. Efektivna dužina privjetrišta za smjer S .....	16
Tablica 2.8. Efektivna dužina privjetrišta za smjer SSW .....	16
Tablica 2.9. Efektivna dužina privjetrišta za smjer ESE .....	17
Tablica 2.10. Efektivna dužina privjetrišta za smjer WSW .....	16
Tablica 2.11. Efektivna dužina privjetrišta za smjer W .....	16
Tablica 2.12. Efektivna dužina privjetrišta za smjer WNW .....	20
Tablica 2.13. Efektivna dužina privjetrišta za smjer NW .....	21
Tablica 2.14. Efektivna dužina privjetrišta za smjer NNW .....	22
Tablica 2.15. Uzorak značajnih valnih visina $H_s$ i pripadajućih valnih perioda $T_s$ .....	24
Tablica2.16. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za sektor I ( $H_{1/10}=1,27 \cdot H_s$ ; $H_{1/100}=1,67 \cdot H_s$ ; $H_{max}=1,8 \cdot H_s$ ; $T_p=1,1T_0$ ).....	29
Tablica2.17. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za sektor II ( $H_{1/10}=1,27 \cdot H_s$ ; $H_{1/100}=1,67 \cdot H_s$ ; $H_{max}=1,8 \cdot H_s$ ; $T_p=1,1T_0$ ).....	29
Tablica2.18. Prikaz prognoziranih vrijednosti visina vala i pripadajući periodi vala za sektor III ( $H_{1/10}=1,27 \cdot H_s$ ; $H_{1/100}=1,67 \cdot H_s$ ; $H_{max}=1,8 \cdot H_s$ ; $T_p=1,1T_0$ ).....	29
Tablica 3.1. Proračun sloma vala za lučicu.....	38
Tablica 3.2. Proračun sloma vala za plažu.....	39
Tablica 5.1. Masa i promjer blokova za pojedini sloj školjere .....	48
Tablica 5.2. Debljina slojeva školjere.....	48
Tablica 6.1. Odnos dubine mora (z) i udaljenosti od obale (y).....	50
Tablica 7.1. Duljine projektiranih gatova .....	61

---

## 11. Literatura

---

- [1.] <http://www.tzgrovinj.hr/>
- [2.] <https://hr.wikipedia.org>
- [3.] Elaborat vjetrovalne klime za Sv. Ivana na pučini 2004.- 2013.
- [4.] Vježbe i predavanja iz kolegija Luke i pomorske građevine
- [5.] Coastal Engineering: An introduction to Ocean Engineering, Kiyoshi Horikawa, 1978.
- [6.] Hidrotehnički sustavi – pomorske gradnje, Sveučilište u Zagrebu, Marko Pršić, 2008.
- [7.] Waves, Tides and Shallow – Water Processes, Second Edition, 2000.
- [8.] Pomorski objekti u betonu: projektiranje i izvođenje, Leo Babić, 1968.



---

## **12. Prilozi**

---

**PRILOG 1. SITUACIJA POSTOJEĆEG STANJA**

**PRILOG 2. SITUACIJA IDEJNOG RJEŠENJA**

**PRILOG 3. SITUACIJA REFRAKCIJE ZA SEKTOR I**

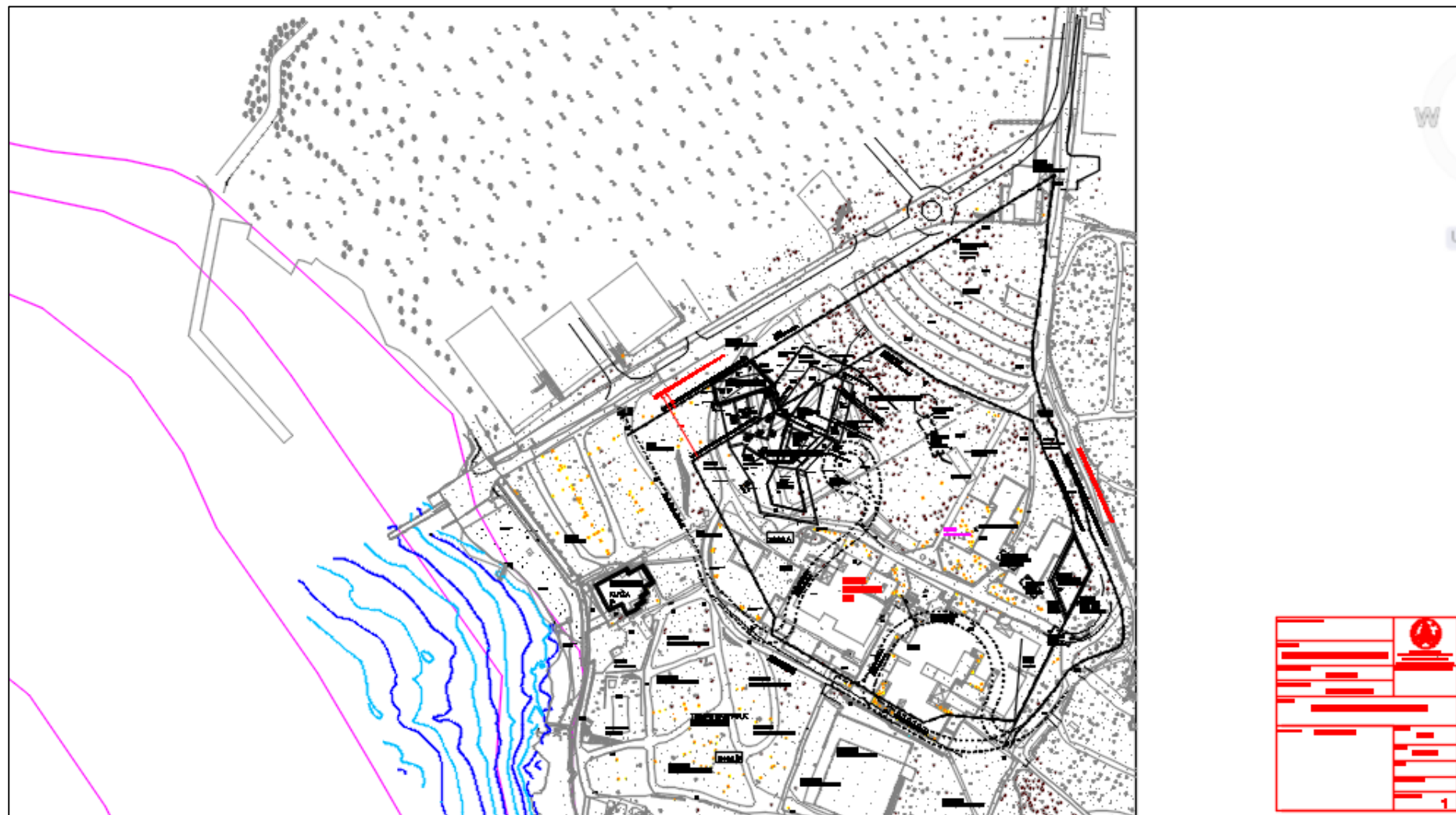
**PRILOG 4. SITUACIJA REFRAKCIJE ZA SEKTOR II**

**PRILOG 5. SITUACIJA REFRAKCIJE ZA SEKTOR III**

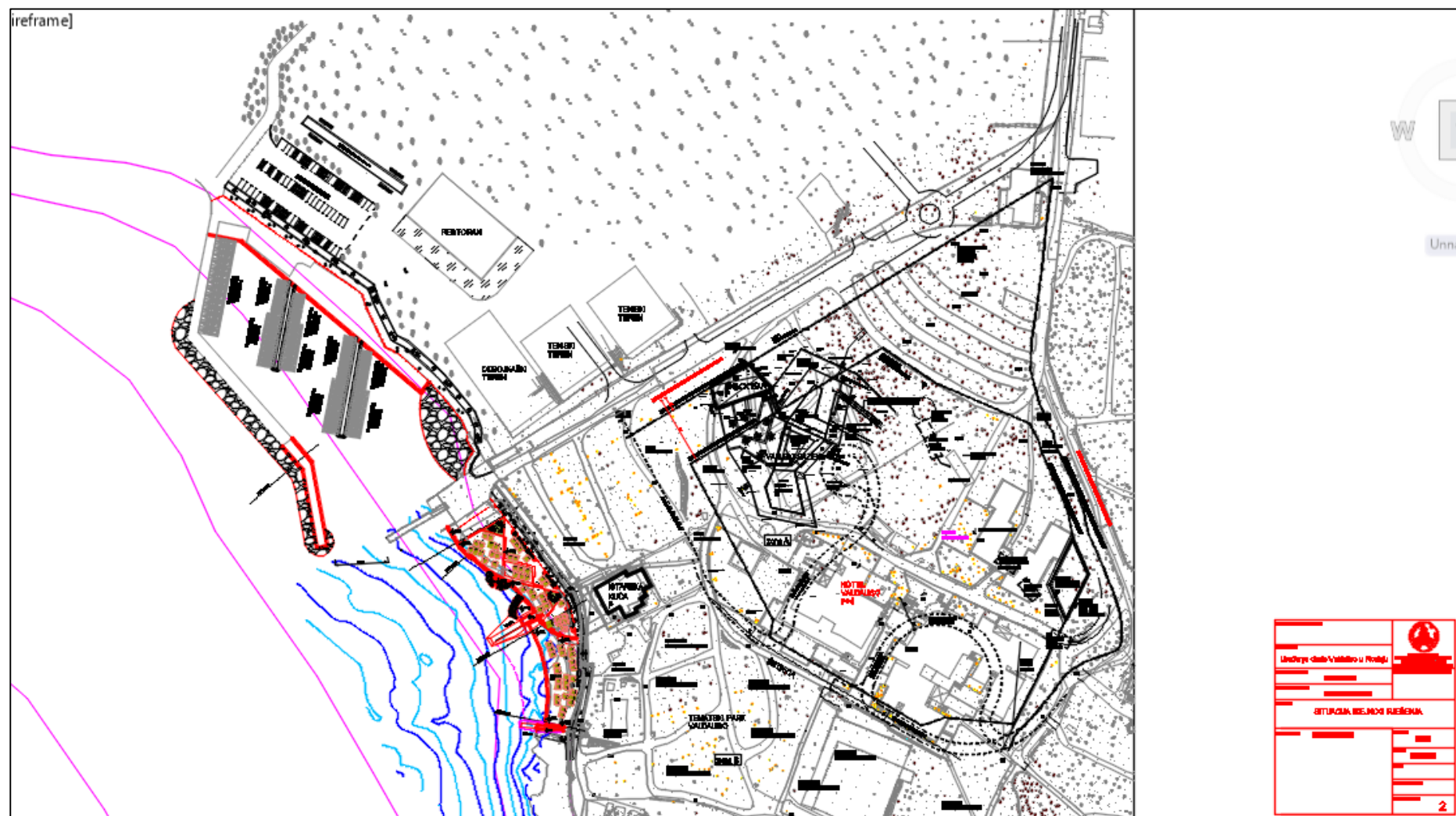
**PRILOG 6. POPREČNI PRESJEK LUKOBRANA**

**PRILOG 7. UZDUŽNI PRESJEK PLAŽE**

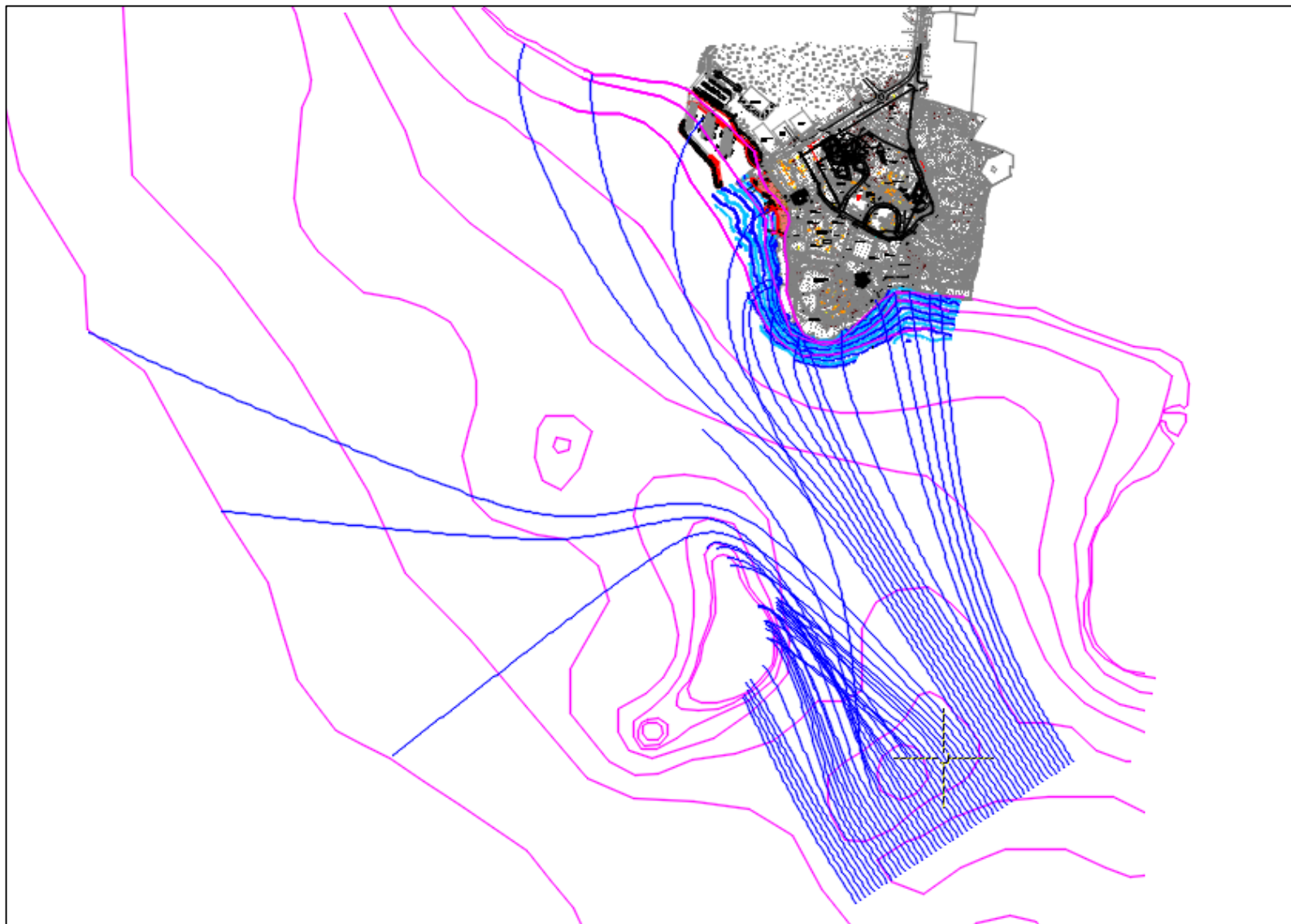
## PRILOG 1: SITUACIJA POSTOJEĆEG STANJA



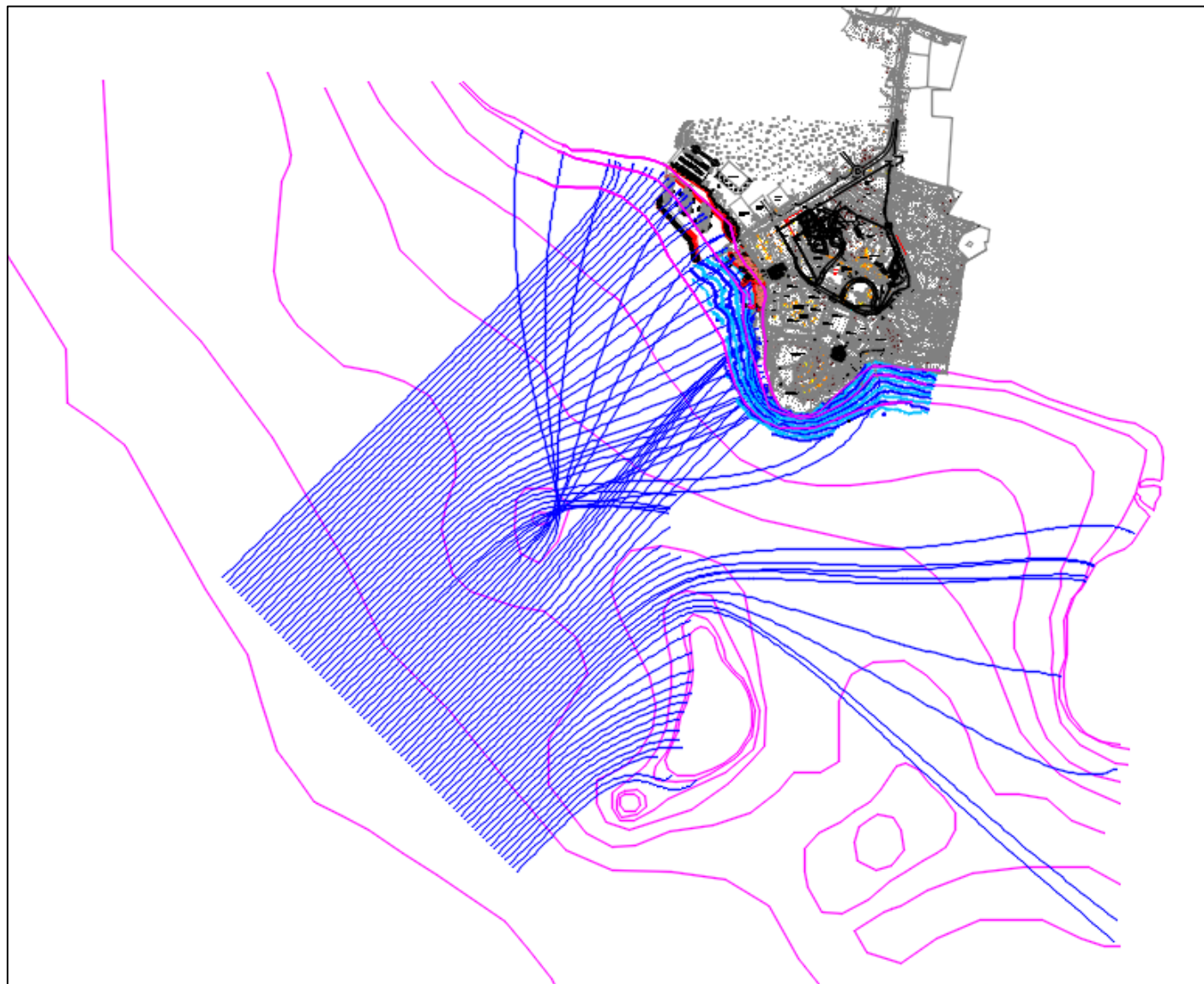
## PRILOG 2: SITUACIJA IDEJNOG RJEŠENJA



**PRILOG 3: SITUACIJA REFRAKCIJE ZA SEKTOR I**

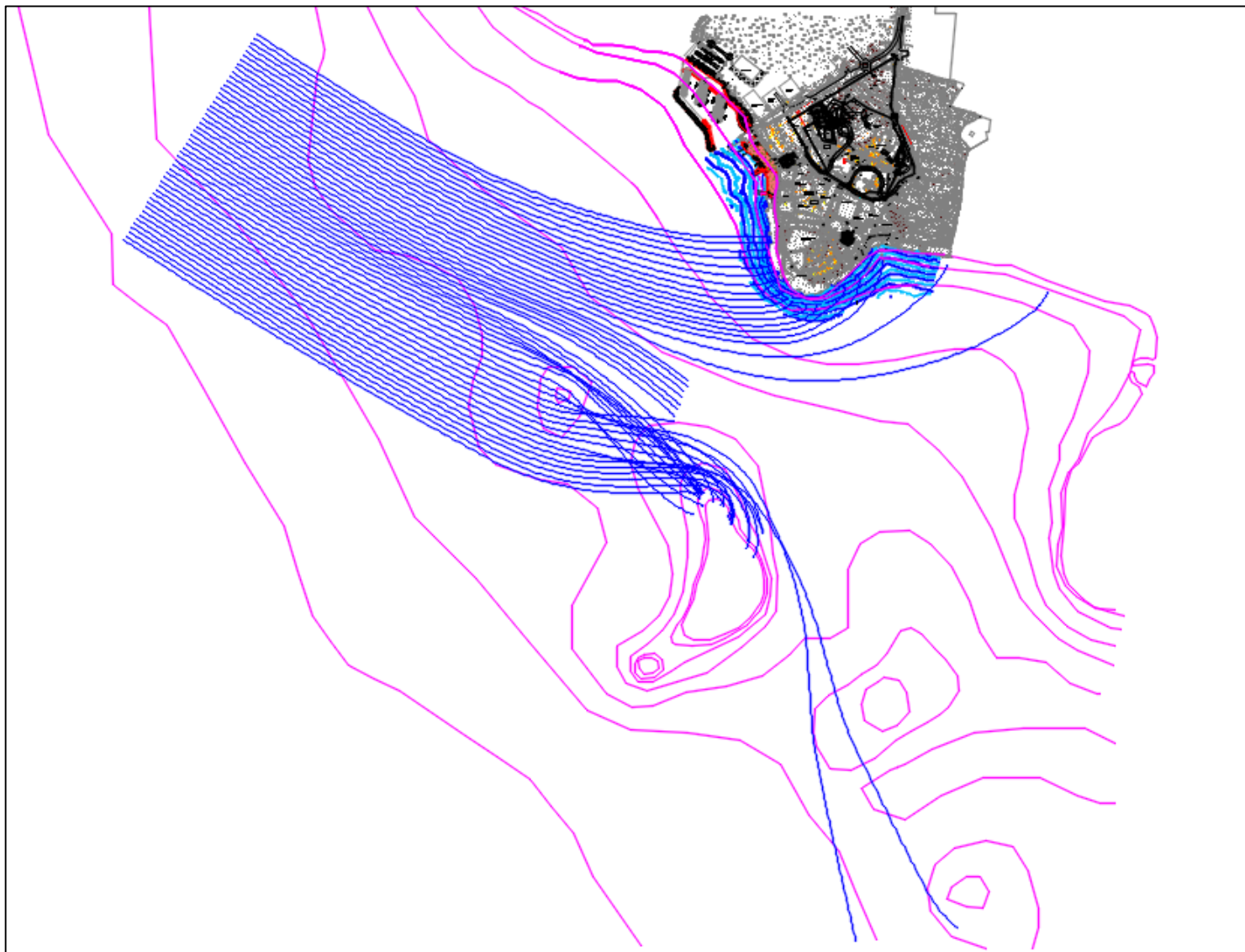


**PRILOG 4: SITUACIJA REFRAKCIJE ZA SEKTOR II**

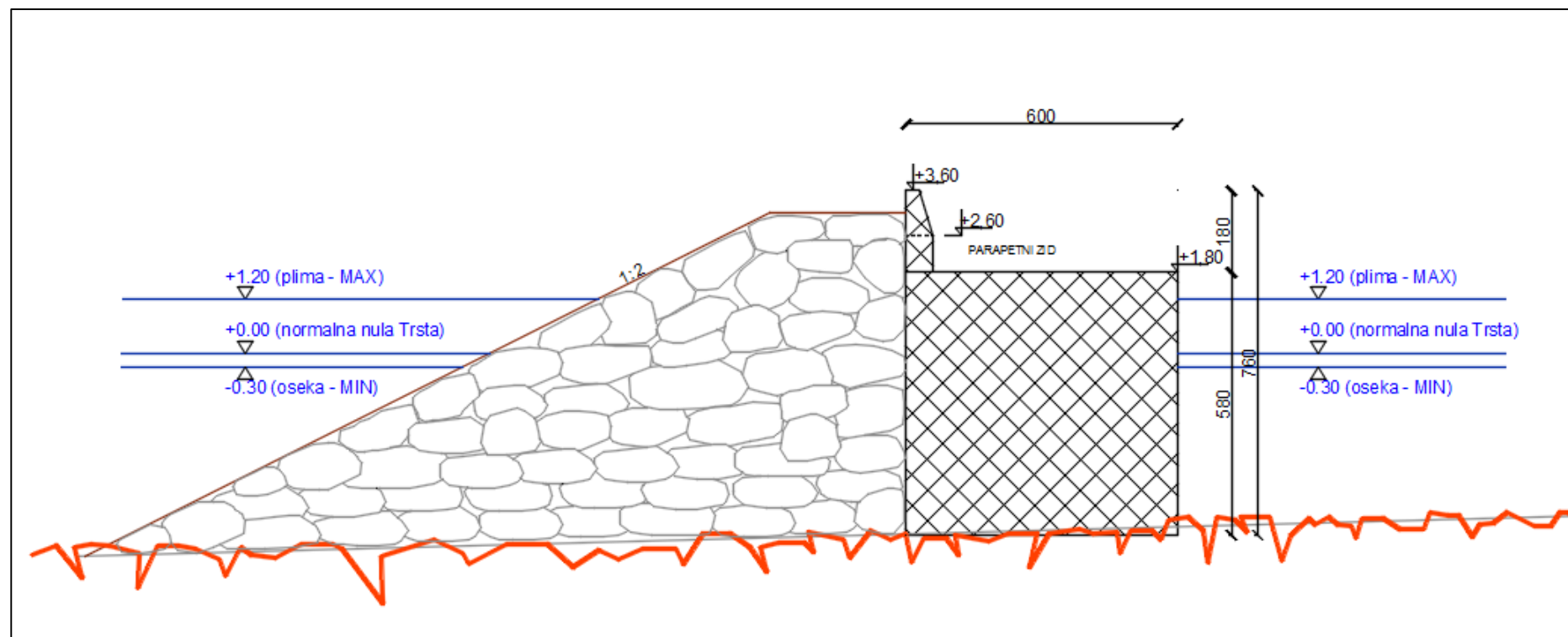




**PRILOG 5: SITUACIJA REFRAKCIJE ZA SEKTOR III**





**PRILOG 6: POPREČNI PRESJEK LUKOBRANA**

# PRILOG 7: UZDUŽNI PRESJEK PLAŽE

